



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ DE BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

**LABORATOIRE DE RECHERCHE EN BIOTECHNOLOGIE DES PRODUCTIONS
VÉGÉTALES (LBPV)**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux



Laboratoire de Biotechnologie des
Productions Végétales

**Activité insecticide d'une huile essentielle formulée extraite
D'*Origanum vulgare* L. sur le *Tribolium castaneum* (Herbst, 1979).**

Soutenu : 17 Juillet 2019

Présenté par : Mlle Fekroune Imene.

Mlle : Gacem Rofaida.

Devant le jury composé de :

| | | | | |
|----------------------------|---------|-------|------------|----------------|
| M ^{me} REMINI | Louiza. | M.C.B | U. Blida 1 | Présidente. |
| M ^{me} BABA-AISSA | Karima. | M.A.A | U. Blida 1 | Promotrice. |
| M ^{me} ZIOUCHE | Sihem | M.C.B | U.BBA | Co-promotrice. |
| M ^{me} BRAHIMI | Latifa. | M.C.B | U. Blida 1 | Examinatrice. |

ANNEE UNIVERSITAIRE 2018/2019

Remerciement

Au terme de ce travail, Louange à Dieu « Allah » Le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience ainsi que le courage pour dépasser toutes les difficultés et réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude, notre reconnaissance et nos vifs remerciements à M^{me} BABA AISSA Maître assistant à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Saad dahleb de Blida pour avoir fait l'honneur d'accepter la direction de ce mémoire ainsi que pour ses précieux conseils, qui nous ont permis de réaliser ce travail. Nos remerciements s'adressent également à M^{me} ZIOUCHE Maître de conférence à l'université de Borj Bou Arreridj pour ses précieux conseils, et son aide durant toute la période de réalisation du travail.

Nous vous remercions Mr MOUSSAOUI et Mr DJAZOULI d'avoir partagé avec nous votre passion pour l'enseignement. Nous avons grandement apprécié votre soutien, votre implication et votre expérience et d'avoir enrichi nos connaissances et de nous avoir guidé tout au long de ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à M^{me} REMINI Maître de conférence à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Saad dahleb de Blida d'avoir bien voulu accepter de présider ce jury.

Nos très vifs remerciements vont aussi à M^{me} BRAHIMI Maître de conférence à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Saad dahleb de Blida pour avoir bien voulu juger ce modeste travail.

Nos sincères remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidé à la réalisation de ce modeste mémoire.

Dédicace

A ma chère mère

Ma douce et tendre maman. Quoique je fasse, je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi. Si je suis arrivée là, c'est bien grâce à toi. Que dieu te donne longue vie et te protège pour moi.

A mon cher père

Tes conseils m'ont suivi et m'ont permis d'atteindre le bout du chemin. Sois fier de moi aujourd'hui et vois à travers ce travail mon amour sincère et ma gratitude profonde.

A mes très chères sœurs : Soumia ,Amina et Sarah pour leurs amour et leurs précieux conseils. A ma meilleure amie Aya pour son soutien et son encouragement

Enfin, à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin a la réalisation de ce travail.

Imene

Dédicace

C'est avec une profonde et sincères gratitude que je dédie ce modeste travail, à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse de courage de responsabilité et d'amour, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite. Les mots ne suffisent pas pour exprimer toute l'affection que j'éprouve pour toi. Que dieux te garde, te comble de santé, et te donne longue vie ma douce maman.

Cher papa, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Que dieux te garde, te comble de santé, et te donne longue vie.

A mes chères sœurs et surtout Amina, Soumia et Naila, à mon frère adoré Mouadh et ma très chère et meilleure amie Hasna, pour toute l'affection qu'ils m'ont donné et pour leurs précieux encouragements.

A tous ceux qui m'ont apporté d'aide de près ou de loin, Je dédie ce travail.

Rofaida

Résumé

Activité insecticide d'une huile essentielle formulée extraite d'*Origanum vulgare* L. Sur le *Tribolium castaneum* (Herbst, 1979).

Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte chimique pour la protection des denrées stockées. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude en valorisant la flore spontanée notamment les plantes aromatiques.

L'huile essentielle extraite par la méthode d'hydro distillation d'une plante aromatique locale *Origanum vulgare* récoltée de la région de Chréa est formulée et appliquée sur des individus adultes de *Tribolium castaneum* Herbst (1979) par différents tests de toxicité tels que : inhalation, contact et ingestion.

Les résultats de l'étude confirment l'activité insecticide de la bioformulation testée à l'égard des individus de *Tribolium*. Cependant, l'effet des doses sur le ravageur cible ont montré qu'il ya une évolution croissante de toxicité dans le temps allant de la (D1 =1%) suivie de la (D2=2%) et enfin de la (D3=3%) qui se révèle la plus toxique

Pour les modes par inhalation et contact toutes les doses testées révèlent une toxicité vis-à-vis du *Tribolium* en particulier la dose D3 qui se démarque des autres doses avec un taux de 80% de mortalité corrigé à 24H et de 100% à 72h. Par ailleurs, le mode d'exposition par inhalation est le plus toxique sur *Tribolium castaneum* suivie du mode par contact et enfin pas ingestion qui a montré une très faible mortalité (5%). La DL₅₀ pour les 3 modes testés par inhalation, contact et ingestion sont respectivement de 1,36 ml, 1,43 ml et 4,68g.

Mot clé : Bioinsecticide, mode d'exposition, *Origanum vulgare*, toxicité, *Tribolium castaneum*.

ABSTRACT

Insecticidal activities of a formulated essential oil extracted from *Origanium vulgare* L. On *Tribolium castaneum* (Herbst, 1979).

Naturally origin substances, especially essential oils, are currently an alternative chemical control for the protection of stored food. It is In this light that the present study is set, in exploitation of spontaneous flora, especially aromatic plants.

The essential oil extracted by the hydrodistillation method of a local aromatic plant *Origanum vulgare* collected from the region of Chr ea is formulated and applied to adult individuals of *Tribolium castaneum* Herbst (1979) by various toxicity tests such as inhalation, contact and ingestion.

The results of the study confirm the insecticide activity of the bioformulation tested for *Tribolium* individuals. However, the effect of doses on the target pest showed that there is an increasing progression of toxicity over time ranging from (D1=1%) followed by (D2=2%) and finally (D3=3%) which is the most toxic

For inhalation and contact modes, all doses tested showed toxicity to *Tribolium*, in particular dose D3, which differs from other doses with a rate of 80% corrected mortality at 24H and 100% at 72h. In addition, the mode of exposure by inhalation is the most toxic on *Tribolium castaneum* followed by the contact mode and finally not ingestion, which showed very low mortality (5%). The LD50 for the three modes tested by inhalation, contact and ingestion are respectively 1.36 ml, 1.43 ml and 4.68g.

Keywords: bioinsecticide, mode of exposure, *Origanum vulgare*, toxicity, *Tribolium castaneum*.

المخلص

النشاط المبيد للحشرات للزيت الاساسي المستخلص من *Origanum vulgare* L.

المطبق على *Tribolium castaneum* (Herbst, 1979)

تعتبر المنتجات ذات الأصل الطبيعي و بشكل خاص الزيوت الأساسية حلاً بديلاً للتحكم الكيميائي لحماية المنتجات المخزنة و في هذا المنظور برزت الدراسة حول استغلال النباتات العشوائية و بالتحديد النباتات العطرية الزيت الاساسي المستخلص بواسطة التقطير المائي لنبات عطري *Origanum vulgare* L المحصود من منطقة محلي .

الشريعة بالبيدة المصاغ و المطبق على افراد *Tribolium castaneum* (Herbst, 1979) عن طريق مختلف اختبارات التسمم منها الاستنشاق، الاتصال و الابتلاع.

تؤكد نتائج الدراسة على النشاط المبيد للحشرات للصبغية الحيوية الذي تم اختباره على *Tribolium castaneum* و مع ذلك، اظهر تأثير الجرعات علي الافة المستهدفة ان هناك تطور متزايد للتسمم مع مرور الوقت من (D1 = 1%) تليها (D2 = 2%) و اخيرا (D3 = 3%) التي كانت اعلى فعالية.

بالنسبة الى طرق الاستنشاق و الاتصال، تكشف جميع الجرعات التي تم اختبارها على *Tribolium castaneum* وجود سمية اتجاه الافة المستهدفة و بالخصوص الجرعة الثالثة التي برزت بمعدل الوفيات المصححة 80 بالمئة و 100 بالمئة في 72 ساعة، من جانب اخر وضع التعرض للاستنشاق هو الاكثر سما متبوعا بوضع الاتصال و في الاخير وضع الابتلاع الذي بين نسب ضئيلة من الوفيات بمعدل 5 بالمئة كما ان الجرعة المميتة للاختبارات الثلاثة الاستنشاق و الاتصال و الابتلاع هم على التوالي 1.36 ملل، 1.34 ملل و 4.68 ملل.

الكلمات المفتاحية : المبيدات الحيوية، وضع التعرض، التسمم، *Tribolium castaneum*، *Origanum vulgare*.

Liste des figures

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : cycle de développement de <i>Tribolium castaneum</i> | 06 |
| Figure 2 : Dégâts provoquée par <i>Tribolium castaneum</i> de la farine (adulte)..... | 07 |
| Figure 3 : Planche d' <i>Origanum vulgare</i> | 17 |
| Figure 4 : Aire de distribution du genre <i>Origanum</i> | 19 |
| Figure 5 : Glande sécrétrice avec cuticule dans la face inferieure..... de la feuille d' <i>Origanum vulgare</i> | 20 |
| Figure 6 : Carte de localisation régionale du parc national de Chréa..... | 21 |
| Figure 7 : Climagramme ombrothermique de la station du parc national de Chréa..... | 22 |
| Figure 8 : Climagramme d'emberger de la station de parc national de chréa..... | 23 |
| Figure 09 : Site de récolte de l'origan..... | 25 |
| Figure 10 :Séchage du matériel végétal..... | 25 |
| Figure 11 : Dispositif d'extraction Clevenger..... | 26 |
| Figure 12 : Partie tête et thorax de <i>Tribolium castaneum</i> | 26 |
| Figure 13 : Partie tête et thorax de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst) observé sous une loupe binoculaire Gx40..... | 26 |
| Figure 14 : Elevage de <i>Tribolium castaneum</i> | 27 |
| Figure 15 : Bioformulations à base d'huile essentielle d'origan..... | 28 |
| Figure 16 : Préparation des dultions des doses en liquide et poudre..... | 29 |
| Figure 17 : application de traitement par mode d'inhalation..... | 30 |
| Figure 18 : Application de mode d'ingestion..... | 30 |
| Figure 19 : application de mode de contact..... | 31 |
| Figure 20 : Schéma directeur des différents traitements appliqués sur les populations de <i>Tribolium castaneum</i> | 34 |
| Figure 21 : Evolution temporelle du taux de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> Par inhalation..... | 35 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 22 : Evolution temporelle du taux de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> par contact..... | 36 |
| Figure 23 : Evolution temporelle du taux de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> Par ingestion..... | 36 |
| Figure 24 : Évolution de la mortalité corrigée des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> par différentes modes sous les bioformules d'origan..... | 37 |
| Figure 25 : L'analyse de variance (GLM) du taux de mortalité de <i>TriboliumCastaneum</i> Par Inhalation en fonction de Temps et Doses..... | 38 |
| Figure 26 : L'analyse de variance(GLM)du taux de mortalité de <i>Tribolium</i> <i>Castaneum</i> par Contact en fonction de Temps et Doses..... | 39 |
| Figure 27 : L'analyse de variance(GLM) du taux de mortalité de <i>Tribolium</i> <i>Castaneum</i> par ingestion en fonction de Temps et Doses..... | 40 |

Liste des abréviations

- % :** Pour cent (pourcentage).
- °c :** Degré Celsius.
- ARLA :** Coopérative internationale des produits alimentaires
- COA :** Coenzyme A
- DL50 :** dose létal pour tuer 50% de population.
- ELISA :** Enzime-linkedimmunosorbentassay.
- FAO :** Organisation de la nation unie pour l'alimentation.
- G :** Gramme.
- H :** Heures.
- MA :** Matière Active.
- MC % :** Mortalité corrigée.
- MI :** Millilitres.
- Mm :** Millimètres.
- O.N.M :** Office National de Météorologie.
- P :** Précipitations.
- RMN :** Résonance magnétique nucléaire
- SDN :** Stimulateurs des Défenses Naturelles.
- T :** Température.
- HE :** Huile essentielle
- GLM :** modèle général linéaire

Liste des tableaux

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1: La classification de ce ravageur se résume selon Perrier..... | 05 |
| Tableau 2 : la Classification botanique de l'Origan selon la flore de Quezel et Santa..... | 18 |
| Tableau 3 : Résultats de l'analyse de variance (GLM) des taux de mortalité par rapport au temps et aux doses appliquées par inhalation..... | 38 |
| Tableau 4 : Résultats de l'analyse de variance (GLM) des taux de mortalité par rapport au temps et aux doses appliquées par contact..... | 39 |
| Tableau 5 : Résultats de l'analyse de variance (GLM) des taux de mortalité par rapport au temps et aux doses appliquées par ingestion..... | 40 |
| Tableau 6 : Toxicité (DL ₅₀) de l'huile essentielle d' <i>Origanum vulgare</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> selon trois modes d'exposition..... | 41 |

Sommaire

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Remerciements | |
| Dédicaces | |
| Résumé | |
| Abstract | |
| ملخص | |
| Liste des Figures | |
| Liste des Tableaux | |
| Liste Des D'Abréviations | |
| Sommaire | |
| Introduction Générale | 01 |
| Synthèse bibliographique | |
| Chapitre I . Les céréales stockées | |
| I. Les céréales et leur état sanitaire | 03 |
| I.1.Importance des céréales | 03 |
| I.2.Principaux insectes ravageurs des Céréales Stockées | 03 |
| I.2.1.Lépidoptères | 03 |
| I.2.2.Coléoptères | 04 |
| II. Présentation du <i>Tribolium castaneum</i> | 04 |
| II.1.Généralités sur les Ténébrionidae | 04 |
| II.2.Caractères généraux du <i>Tribolium castaneum</i> | 04 |
| II.3.Description morphologique du <i>Tribolium castaneum</i> | 04 |
| II.4.La Taxonomie | 05 |
| II.5.Cycle de vie | 06 |
| II.6.Origine et répartition géographique | 06 |
| II.7.Dégâts causés par le Tribolium | 07 |
| II.8.Méthodes de lutte | 07 |
| Chapitre II. Les biopesticides | |
| II.1.Importance des biopesticides | 11 |
| II.2.Le marché des biopesticides | 12 |
| II.3.Les huiles essentielles | 12 |
| II.3.1.Historique des huiles essentielles | 12 |
| II.3.2.Définition des huiles essentielles | 12 |
| II.3.3.Propriétés physico-chimique des huiles essentielles | 13 |
| II.3.4.Critères de qualité des huiles essentielles | 13 |
| II.4.la plante étudiée <i>Origanum vulgare</i> | 13 |
| II.3.5. Variabilité des huiles essentielles | 13 |
| II.3.5.1. Facteurs extrinsèques | 13 |
| II.3.5.2. Facteurs intrinsèques | 14 |
| II.3.6.Les procédés d'obtention des huiles essentielles | 14 |
| II.3.7. Rôle des huiles essentielles chez les plantes | 15 |
| II.3.8. Intérêt de la formulation | 16 |
| II.4.1. historique et présentation de l'origan | 16 |
| II.4.2. Description botanique de l'Origan | 16 |
| II.4.3.Classification | 18 |
| II.4.4.La répartition géographique d' <i>Origanum vulgare</i> | 18 |
| II.4.5.Constituants biochimiques de l'origan | 19 |
| II.4.6.La localisation des huiles essentielles dans l'origan | 19 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III. Matériel et méthodes | |
| III.1. Objectif de l'étude | 21 |
| III.2. Présentation de la région d'étude | 21 |
| III.2.1. Parc National de Chréa | 21 |
| III.2.2. Synthèse climatique | 22 |
| III.2.2.1. Diagramme ombrothermique | 22 |
| III.2.2.2. Climagramme d'Emberger | 22 |
| III.3. Lieu de l'expérimentation | 24 |
| III.4. Matériel utilisés | 24 |
| III.4.1. Matériel de laboratoire | 24 |
| III.4.2.1. Matériel végétal | 24 |
| III.4.2.1.1. Extraction de l'huile essentielle par Hydrodistillation | 25 |
| III.4.2.2. Matériel animal | 26 |
| III.4.2.2.1. L'identification de l'espèce étudiée | 26 |
| III.4.2.2.2. Elevage du matériel animal | 27 |
| III.5. Méthodes | 27 |
| III.5.1. Estimation du rendement en huile essentielle | 27 |
| III.5.2. Formulation des bioproduits | 27 |
| III.6. Préparation des traitements | 28 |
| III.7. Les Tests de toxicité | 29 |
| III.8. Analyse des données | 31 |
| IV. Résultats | |
| IV. 1. Le rendement en huile essentielle de l'origan | 35 |
| IV.2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées de l'origan | 35 |
| IV.2.4. Comparaison des modes d'application | 37 |
| IV.3. Analyses de la variance (GLM) | 38 |
| IV.4. Doses létales DL50 | 41 |
| Discussion | 42 |
| Conclusion | 45 |
| Références bibliographiques | |
| Annexes des figures | |

Introduction :

Les légumineuses alimentaires et les céréales sont soumises, durant la période de stockage, à des agressions d'origine physico-chimiques (température, humidité relative) et biotiques (insectes, micro-organismes) qui entraînent des pertes importantes ainsi qu'une chute conséquente des qualités agronomiques et organoleptiques (**Ndiaye, 1999**).

Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs. Les dégâts causés par les insectes sont les plus importants. Chaque année, près de 20000 espèces d'insectes menacent la production mondiale et détruisent une bonne partie des céréales et des légumineuses vivrières et qui causent des dégâts importants; elles dégradent la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit stocké et qui mènent jusqu'à la perte totale du produit; dont on trouve entre la récolte, le stockage à la consommation plus de 30 % de la production est perdue (**Alzouma, 1995 ; Ngamo et Hance, 2007**).

Un nombre important d'insectes ont été recensées sur les grains de céréales stockées dans différentes régions d'Algérie, **Mebarkia et al.,(2001), Tazerouti et al., (2001)** rapportent que parmi les espèces les plus rencontrées sur les céréales stockées viennent en premier lieu *Tribolium castaneum* avec 30 %.

L'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs (**Haubruge et al., 1988 ; Relinger et al.,1988**). Malheureusement, cette méthode dégage des inconvénients qui limitent son emploi car leur utilisation anarchique a engagé depuis quelques années des effets néfastes considérables qui ont provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants (**Abbassi et al., 2005; Senthil-Nathan et al.,2006**). **Carlos, 2006 et Isman, 2006**) ont associé les pesticides à des problèmes de santé et d'environnement. D'après eux, les pesticides chimiques sont par leur nature, des produits dangereux et toxiques même à très faibles doses.

Comme méthode alternative de lutte, certains paysans à faible revenu, utilisent dans certaines régions d'Afrique, des plantes à effet insecticide pour protéger les denrées alimentaires en stockage. Diverses études ont été mises en place depuis un certain temps pour isoler ou identifier des métabolites secondaires extraits des plantes qui ont une activité anti-insecte (**Ndomo et al., 2009**). De nombreux travaux ont été réalisés pour le contrôle des ravageurs des grains en stockage (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989; Haryacti et Fleurat-Lessard, 1994; Danho et Haubruge, 2003**)

Plusieurs travaux font références à l'utilisation des huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes Cependant, suite à la courte rémanence des huiles essentielles, due à leur volatilité et l'instabilité, on s'est intéressé à la formulation des huiles essentielles qui assure non seulement la

stabilité chimique et physique du produit mais aussi par rapport à son efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures. **(Zoubiri et Baaliouamer, 2011, Liu et al., 2011 et Mdjimivou, 2011).**

Dans l'optique du récent intérêt grandissant pour le développement d'insecticides d'origine végétale comme alternatives aux insecticides chimiques, on va s'intéresser lors de ce présent travail, à l'estimation de l'activité insecticide d'une formulation d'huile essentielle d'origan *Origanum vulgare*, en se basant sur l'étude de trois tests de toxicité tels que par inhalation, ingestion et contact sur les adultes d'un ravageur redoutable des denrées stockées *Tribolium castaneum*.

Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses, à savoir:

Quel serait l'impact des bioformulations à base d'huile essentielle d'*Origanum vulgare* et de leur mode d'application sur les populations adultes de *Tribolium castaneum*?

Est-ce que l'application des différentes doses de bio insecticide présente une même efficacité dans le temps ?

I. Les céréales et leur état sanitaire :

I.1. Importance des céréales

Les céréales et leurs dérivés constituent la principale source de protéines dans de nombreux pays en voie de développement et les pertes causés à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimés à 100 millions de tonnes dont 13 millions sont provoqués par les insectes. Dans les pays développés, ces pertes avoisinent les 3 %, alors qu'en Afrique elles atteignent les 30 % (**Silvy, 1992**).

En Algérie, les céréales représentent un élément stratégique dans le système alimentaire aussi bien du point de vue superficie agricole occupée qu'économique et nutritionnel. En effet, 80% de la superficie agricole utile du pays est occupée par la production céréalière. La surface emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha (**Djermoun, 2009**).

I.2. Principaux insectes ravageurs des Céréales Stockées :

Bekon et Fleurat(1989) ont évalué que les grains et graines entreposés subissent de multiples agressions de la part des insectes ; Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodés aux stocks: il s'agit des lépidoptères et des coléoptères

I.2.1. Lépidoptères :

Les lépidoptères infestant les denrées stockées appartiennent au groupe des hétérocères qui comprennent surtout des papillons nocturnes, se distinguent des papillons journaliers par leurs antennes dont l'extrémité ne se renfle jamais en bouton et par le fait qu'au repos, ils ne tiennent pas leurs ailes verticalement (**Steffan, 1978**).

Selon le même auteur, les lépidoptères adultes présentent des pièces buccales transformées en trompes rétractiles suceuses ne leur permettant de s'alimenter qu'à partir de substances liquides. Les adultes ne causent donc aucun dégât dans les céréales et dérivés, leur rôle étant de perpétuer l'espèce. Ils ont également un rôle de dissémination du fait qu'ils peuvent voler et donc se déplacer à de grandes distances, Les imagos s'accouplent quelques heures après. L'émergence puis la femelle procède à la ponte qui dure environ une semaine, Ce sont donc uniquement les chenilles qui causent les dégâts aux stocks de céréales et dérivés qu'elles rongent avec leurs mandibules bien développées. Les chenilles de certaines espèces ont une particularité, elles pénètrent à l'intérieur des grains pour terminer leur cycle de développement. C'est le cas de *Sitotroga Cerealella Oliv*. Les autres espèces, dont les stades sont libres, ont besoin de la présence des espèces

primaires pour infester les stocks ou se nourrissent à partir de grains brisés ou des produits de mouture c'est le cas d'*Ephestia Kuehniella* ZEL.

I.2.2. Coléoptères :

Selon **Bekon et Fleurat (1989)**, les coléoptères peuvent être répartis en deux groupes à savoir les ravageurs primaires qui s'attaquent à des grains intacts et les ravageurs secondaires capables d'attaquer les grains qu'à partir des ouvertures causées par les ravageurs primaires servant de voies d'accès tel le cas du *Tribolium sp.* Aussi, tous les coléoptères s'attaquant aux céréales stockées sont lucifuges c'est à dire qu'ils fuient la lumière. Ils sont de mœurs nocturnes et sont plus actifs la nuit que le jour (**Champ et Dyte, 1976**).

Steffan, (1978) estime qu'à des températures comprises entre 15°C et 35°C accompagnées d'une humidité relative variant de 50 à 80%, les adultes vivent beaucoup plus longtemps que les lépidoptères. Les accouplements ne débutent qu'à leur maturité sexuelle, (**Fleurat Lessard, 1982**).

Les insectes à forme cachée ou ravageurs primaires: de type charançon *Sitophilus sp.* Passent une période importante de leur cycle de développement à l'intérieur des grains et ne sont détectables qu'au stade adulte où ils se déplacent librement. Ils sont considérés les plus dangereux, car ils endommagent les grains intacts, ce qui permet aux larves de se développer à l'intérieur des graines. Ils permettent également l'infestation du stock par les ravageurs secondaires et tertiaires et leurs facilite la prise de la nourriture (**Inge De Groot, 2004**).

Les insectes à forme libre ou ravageurs secondaires: le cas de *Tribolium* attaquent les grains de l'extérieur. Ils se développent sur des céréales déjà dépréciées physiquement ou biologiquement, déjà endommagés par les ravageurs primaires ou par d'autres agents quelconques, ou encore les produits de transformation de ces grains comme la farine (**Freeman, 1973**).

II. Présentation du *Tribolium castaneum* :

II.1. Généralités sur les Ténébrionidae

Selon **Balachowsky, (1962)**, les Ténébrionidae sont des coléoptères; de formes très variées ; à téguments le plus souvent rigides ; épais ; noir mat ou luisant de teinte sombre ; coloré ou métallique par interférence ; aptères ou ailées ; avec nervation alaire du type primitif ; 5 sternites abdominaux ; pattes long ou tout au contraire ; contractées ; souvent fousseuses. Un certain nombre de Tenebrionidae ont été signalés comme nuisibles sur les plantes cultivées et autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées. Parmi ces dernières le genre *Tribolium* comprend deux espèces principales cosmopolites et nuisibles : *Tribolium castaneum* Herbst ; et *Tribolium confusum* Duval.

II.2. Caractères généraux du *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) :

Les insectes des denrées stockées dont le *Tribolium castaneum* représentent une partie très importante des ravageurs des denrées stockées (**Syed Shayfur et al., 2007**). *Tribolium castaneum* peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés. D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) (**Anonyme ,2009**).

II.3. Description morphologique du *Tribolium castaneum* :

Selon **Christine (2001)**, l'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bords parallèles. Le dernier article des antennes est légèrement renflé, Le prothorax a généralement des bords tranchants et les ailes sont fréquemment réduites, les tarsi antérieurs et moyens comportent 5 articulations, alors que les tarsi postérieurs n'en ont que quatre. Les angles sont simples, et denticulés. Les téguments sont la plupart très robustes et de teinte foncée sauf au stade nymphal où la distinction des mâles et des femelles est très difficile. Le mâle porte au niveau des pattes une épine à soie (**Hinton, 1948**). La nymphe a une forme cylindrique et de couleur blanchâtre virant vers le jaune. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (**Christine, 2001**). Les larves sont vermiformes, mesure 6 mm et pourvues de pattes, à l'extrémité du dernier segment abdominal, il y a une paire de courts appendices, les « urogomphes ». Les œufs sont blanchâtres ou sans couleur et microscopiques dans la taille, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface. (**Godon et Willm, 1998**)

II.4. La Taxonomie :

Tableau1: La classification de ce ravageur selon Perrier et al.,(1984).

| Rang Taxonomique | Nomenclature |
|------------------|-------------------------------------------------------|
| Règne | Animal. |
| Phylum | Arthropoda. |
| Classe | Hexapoda (Insectes). |
| Ordre | Coleoptera. |
| Famille | Tenebrionidae. |
| Genre | Tribolium. |
| Espèce | <i>Tribolium castaneum</i> . (Herbst, 1797). |

II.5. Cycle de vie:

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques. Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs qui, vers 30°C, éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32 et 33 °C, son développement cessant au-dessous de 22 °C et qui résiste très bien aux basses hygrométries. La femelle pond entre 500 et 800 œufs. La durée du cycle dure environ un mois. La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques (**Delobelet Tran, 1993 ; Cruz et al., 1988**).

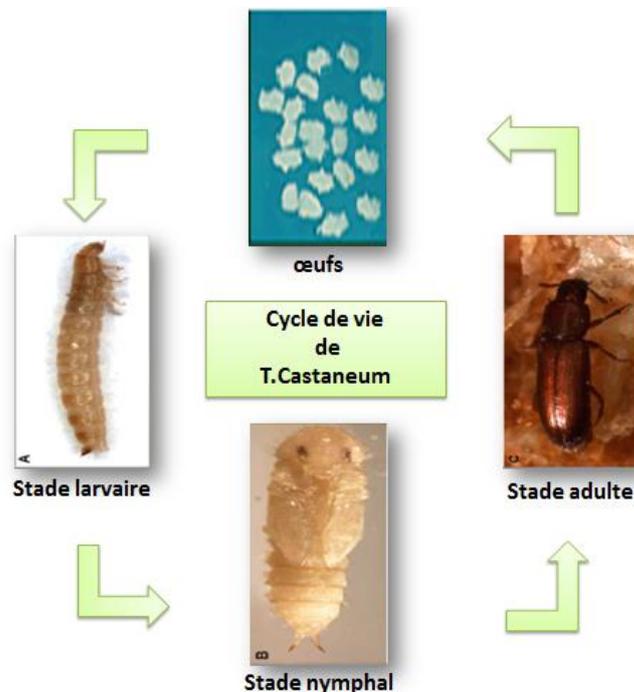


Figure 1 : cycle de développement de *Tribolium castaneum*.

II.6. Origine et répartition géographique :

On le trouve dans toutes les parties du monde. Sous les climats froids, uniquement dans les stockages à température élevée (**Aziez et al., 2003**).

Tribolium castaneum est une espèce cosmopolite, distribuée dans le monde entier, qui est probablement originaire de l'Inde **Lepesme, (1944)**

II.7. Dégâts causés par le Tribolium :

Les Tribolium peuvent entraîner des dégâts très importants en consommant les denrées, mais ils contaminent aussi ces denrées avec leurs fèces, des odeurs, des toiles de soie, des cadavres et des mues. De plus, l'humidité issue du métabolisme de leurs pullulations et les produits d'excrétion azotée favorise l'apparition de moisissures dans les lieux de stockage (**Mebarkia et Guechi, 2006**).

Le *Tribolium* cherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine (**Lepesme, 1944**). Les adultes secrètent une substance nauséabonde riche en quinones qui communique au lot infecté une odeur particulièrement désagréable.

Sur les graines d'arachide le Tribolium provoque un accroissement notable de la teneur en acides gras dans l'huile qui en est extraite et s'attaque au blé, maïs, orge, sorgho, millet ; manioc, igname, arachide, coton, ricin, cacao (**Delobel et Tran, 1993; Cruz et al., 1988**).



Figure 2 : Dégâts provoquée par *Tribolium castaneum* de la farine (adulte). (Nigel Cattlin, 2007)

II.8. Méthodes de lutte :

II.8.1. Lutte préventive :

II.8.1.1 Mesures d'hygiènes :

La mise en application régulière des mesures d'hygiène constitue le moyen le plus important et le plus efficace pour contrôler les ravageurs des stocks. Pour cela, **Ducon en (1982)**, préconise un nettoyage convenable des locaux de conservation et du matériel destiné à l'emmagasinement, un badigeonnage ou une pulvérisation d'insecticides, en réduisant au minimum les causes de contamination.

II.8.1.2 Lutte durant L'entreposage

Lors de l'entreposage, il existe plusieurs méthodes préventives contre l'infestation, parmi elles :

II.8.1.2.1 Lutte génétique :

Cette méthode se base sur les recherches génétiques, réalisées par objectif de trouver des variétés résistantes aux maladies et aux insectes(**Kossou et Aho, 1993**).

II.8.1.2.2 Lutte par piégeage :

Selon **Kossou et Aho (1993)**, Les pièges permettent d'obtenir des signes indique la présence des ravageurs, et identifier ou détecter leur période optimale d'activités et diminuer les pullulations.

II.8.1.2.3 Lutte par dépistage

- **Dépistage ordinaire :**

Cette méthode est très utilisée, elle consiste à surveiller l'état du grain par la mesure de la température et l'humidité du grain dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés (**Mills, 1990**).

- **Dépistage par infrarouge :**

Ce procédé, permet de détecter les protéines animales des insectes et même les formes cachées, il consiste à réaliser une résonance magnétique nucléaire (**RMN**) pour déceler la Présence des acariens et éventuellement les fragments d'insectes (**Wilkin et Chambers, 1987**).

- **Dépistage électroacoustique :**

Le principe de cette opération, est de pouvoir détecter l'activité des insectes et de surveiller le niveau de population présente dans la denrée, par des microphones sensibles, cette technique permet de réduire le coût de l'inspection et les traitements (**Mankin, 1998**).

- **Méthode immuno-enzymatique :**

C'est une analyse minutieuse, qui donne une estimation de l'infestation des grains et de la farine (**Fields, 2001**).

L'extrait du blé après broyage est soumis à un dosage par le Test ELISA. La coloration de l'extrait obtenu est mesurée par spectrophotomètre qui permet de calculer la concentration en protéine d'insectes, cette quantité de protéines donne des renseignements sur l'infestation des grains (**Wirsta, 1996**).

II.8.1.3. Lutte curative :

Intervient directement contre les insectes en place, tels que :

II.8.1.3.1. Lutte physique :

Les moyens de lutte physique utilisables, font appel au choc thermique, au froid, aux radiations ionisantes et aux ondes électromagnétique (**Gwinner et al., 1996**).

II.8.1.3.2. Lutte chimique :

Deux types de produits sont essentiellement utilisés :

- **Insecticides de contact**

Les insecticides de contact pénètrent dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule, parmi ce groupe d'insecticides, les pyréthriinoïdes de synthèse agissent par contact et ingestion, en provoquant souvent un effet choc sur les insectes (**Schiffers et al., 1990**).

- **Fumigants**

Les fumigants, sont des gaz toxiques utilisés pour désinsectiser une denrée dans un espace clos. Les enceintes de fumigation, doivent être suffisamment étanches pour que le gaz pénètre et puisse diffuser entre les grains et dans les grains assez de temps, pour tuer les insectes présents, ceci quelque soit leur stade de développement. Cependant, l'utilisation de pesticides pendant plusieurs années a entraîné de nombreux problèmes entre autre la présence de résidus sur les denrées stockées et le développement du phénomène de résistance chez les insectes (**Arthur, 1996**).

II.8.1.3.3. Lutte biologique

Tout organisme vivant, possède des ennemis naturels ou maladies qui régulent ses populations. Ce sont ces antagonistes naturels des ravageurs, que les méthodes biologiques de lutte mettent à contribution. Les avantages offerts par les procédés biologiques résident surtout dans l'absence presque totale de risques toxicologiques. Les possibilités d'application des méthodes biologiques de lutte contre les ravageurs des stocks sont très limitées (**Gwinner et al., 1996**).

- **Utilisation d'extraits de végétaux :**

Le développement de résistance par les insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extraits végétaux pouvant avoir des modes d'actions différents à ceux des insecticides déjà utilisés. Les végétaux produisent des composés secondaires comme les Terpènes, les composés soufrés et les alcools ; Leur utilisation en tant que biopesticides dans la protection des graines de légumineuses ou de céréales stockées contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études notamment en zone tropicale. Ces extraits végétaux à propriétés insecticides sont utilisés sous forme de poudre, d'extrait organique, d'extrait aqueux et d'huile essentielle (**Arthur, 1996**).

II. LES BIOPESTICIDES

II.1. Importance des biopesticides :

Depuis des décennies, l'essor considérable des rendements agricoles a été accompagné d'une utilisation intensive de produits phytosanitaires, organiques de synthèse ou pesticides, pour lutter contre des agents ravageurs. La lutte chimique est dominée par trois classes de pesticides : La première classe est représentée par les herbicides, La seconde classe par les insecticides et la troisième classe par les fongicides. **(De Kouassi, 2001)**.

La méthode qui met en œuvre l'utilisation des biopesticides d'origine végétale est considérée complémentaire à la lutte chimique qui emploie des pesticides organiques de synthèse. Elle est en pleine croissance parce qu'elle est respectueuse de l'environnement et de la santé humaine et comporte de grandes promesses d'avenir en terme d'impact socio-économique et de transfert technologique **(Benhamou, 2009)**.

La prise de conscience des conséquences négatives de l'intensification de l'agriculture sur la biodiversité et la santé, ainsi que sur l'inefficacité des produits employés, à cause des résistances développées par les agents pathogènes a permis d'ouvrir des débats sur les enjeux de l'agriculture de demain notamment par tous les intervenants du secteur agro-alimentaire qui reconnaissent l'urgence de minimiser les dangers provoqués par l'utilisation des produits chimiques, **(Van Lenteren, 2000)**.

Thakor (2006), définit les biopesticides comme étant des produits phytosanitaires dont le principe actif est un organisme vivant ou l'un de ses dérivés. Ils peuvent donc être constitués d'organismes (plantes, insectes, nématodes) ou de micro-organismes pathogènes (bactéries, levures, mycoplasmes, champignons, virus) exerçant une activité protectrice sur les plantes vis-à-vis d'agents phytopathogènes, ainsi des substances d'origine naturelle telles que des extraits végétaux (nicotine et autres alcaloïdes, pyrèthres, huiles et les phéromones). C'est les éliciteurs ou stimulateurs des défenses naturelles (SDN)

Fravel (2005), stipule qu'un biopesticide donné est efficace dans toutes les conditions, contre tous les ravageurs, sur toutes les cultures et pour tous les systèmes agricoles.

Les biopesticides sont plus écologiques que les produits chimiques et présentent une grande spécificité vis-à-vis des agents pathogènes contre lesquels ils sont dirigés ; ils causent moins de dommages pour les organismes non ciblés de la microflore endogène qui exerce une action bénéfique sur les plantes **(Thakore, 2006)**.

II.2. Le marché des biopesticides :

La faible utilisation des biopesticides peut s'expliquer par l'inconsistance des résultats sur le terrain, la durée d'entreposage très courte, le coût élevé par rapport aux formulations chimiques et le nombre limité de pestes visées (**Copping, 2000**). Considérant toutes les raisons invoquées précédemment, il est clair que le marché des biopesticides est à l'état embryonnaire; la proportion des biopesticides vendus versus les pesticides chimiques n'atteint que 0.25% (**van Lenteren, 2000**).

Conséquemment, le marché est encore fragile et non-épruvé. Il devient donc important de le stimuler et de l'alimenter à l'aide de données scientifiques rigoureuses propres à favoriser la confiance des utilisateurs éventuels et de l'ARLA (**Cross et Polonenko, 1996**).

La démarche inhérente à accroître les chances de succès de la mise en marché d'un biopesticide se référant au succès de la lutte biologique contre les insectes en serre, les auteurs concluent que dans une première approche, les produits devraient être utilisés dans les conditions où les chances de succès sont optimales (**Paulitz et Bélanger 2001**).

II.3. Les huiles essentielles :

II.3.1 Historique des huiles essentielles :

Les huiles sont connues depuis des millénaires pour leur action bénéfique pour l'homme. Les plantes étaient utilisées telles quelles ou sous forme d'infusion ou de décoctions. Les huiles furent utilisées dans les momifications des corps ou la conservation des momies, dans l'aromatisation des bains, la désinfection des plaies, les parfums et la fabrication des boissons aromatiques (**Berthier, 1980**). Puis, fut l'époque de la recherche de l'extraction de la substance odorante qui aboutissait à la création et au développement de la distillation. Enfin, la période moderne qui est celle qui correspond à la détection et à l'identification des constituants des huiles essentielles ainsi que leurs effets physiques, chimiques, biochimiques et physiologiques. (**Möller, 2008**).

II.3.2. Définition des huiles essentielles :

En trois décennies, la définition des huiles essentielles a évolué pour être plus large particulièrement avec les découvertes de nouvelles méthodes d'extraction des composés moléculaires. L'huile essentielle est un nom générique pour tous les produits lipophiles, volatils, odorants, préexistant dans une plante ou drogue végétale (**Budavari et al., 1996**).

Selon **Bruneton (2008)** les huiles essentielles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée. Grâce à leur solubilité, les huiles essentielles diffusent rapidement au travers des épidermes et des cuticules (**Başer et Buchbauer, 2010**).

II.3.3. Propriétés physico-chimique des huiles essentielles :

D'après **Degryse et al., (2008)**, les huiles essentielles sont constituées de molécules aromatiques de très faible masse moléculaire, Elles sont très inflammables et très odorantes, liquides à température ambiante et ne sont que très rarement colorées. Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau (de 0,8 à 1,08). En outre, ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (**Bernadet., 2000**).

Les huiles essentielles ne sont que très peu solubles dans l'eau. Entraînables à la vapeur d'eau, elles se retrouvent dans le protoplasme sous forme d'émulsion plus ou moins stable qui tendent à se collecter en gouttelettes de grosse taille (**Benini, 2007; Benayad, 2008**). Par contre, elles sont solubles dans les solvants organiques usuels (**Bruneton., 1999**). Très altérables, sensible à l'oxydation, il convient alors de les conserver à l'abri de la lumière et de l'humidité. (**Zabeirou et Hachimou., 2005**).

II.3.4. Critères de qualité des huiles essentielles :

Selon **Philogeneetal.,(2002)**, toutes les huiles essentielles ne se valent pas. De même, **Jouault (2012)** a rapporté que les critères définissant la qualité des huiles dépendent de plusieurs facteurs tels que la qualité (doivent impérativement provenir de plantes botaniquement certifiées) et l'origine géographique sélectionnée. Aussi, la sélection de la partie de la plante détermine l'activité recherchée. Les diverses parties d'une même plante (fleur, feuille, tige, écorce, racine, etc.) peuvent produire des essences différentes. (**Salle., 2004 ; Moller., 2008**).

II.3.5. Variabilité des huiles essentielles :

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement des plantes d'origine. Cette variabilité est fondamentale car les activités biologiques qui proviennent des huiles essentielles peuvent être très différentes (**Garnero., 1991; Bruneton., 1999; Benini., 2007**). En effet plusieurs facteurs peuvent influencer cette variabilité.

II.3.5.1. Facteurs extrinsèques :

Les conditions environnementales notamment la température, la lumière, la pluviométrie et les conditions édaphiques agissent sur la composition chimique des

plantes aromatiques et médicinales (**Bruneton, 1999; Mohammad et al., 2009; Olle et Bender, 2010; Aprotosoie et al., 2010**). Les conditions culturales telles que les techniques de récolte, la date de semis, l'emploi d'engrais, les traitements phytosanitaires influencent également la composition et le rendement des huiles essentielles. (**Barry, 2001; Lahlou, 2004; Stefanini et al., 2006; Benini, 2007; Aprotosoie et al., 2010**).

II.3.5.2. Facteurs intrinsèques :

Le stade végétatif (**Aprotosoie et al., 2010**), l'organe de la plante (**Chowdhury et al., 2009**), la mutation, l'hybridation, la polyploïdie (**Aprotosoie et al., 2010**) et les chimiotypes (**Belyagoubi, 2006**) sont parmi les facteurs intrinsèques qui interviennent dans la variabilité de la composition et le rendement des huiles essentielles.

II.3.6. Les procédés d'obtention des huiles essentielles :

Selon **Başer et al., (2010)** plusieurs méthodes d'extraction sont mises au point. La distillation est le procédé le plus anciennement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles tels que :

II.3.6.1. L'hydrodistillation :

C'est la méthode d'extraction la plus simple. Elle consiste à immerger la matière végétale par l'ébullition sous pression atmosphérique. Le contact du matériel végétal avec l'eau dans cette technique engendre notamment des phénomènes d'hydrolyse (**Başer et Buchbauer, 2010**).

II.3.6.2. L'entraînement à la vapeur d'eau :

A la différence de l'hydro-distillation, cette technique ne met pas en contact directe l'eau et la matière végétale à traiter, durant le passage de la vapeur à travers le matériel ; les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange <<eau + huile essentielle >> (**Lucchesi, 2005**).

II.3.6.3. L'expression à froid :

L'expression à froid est une extraction sans chauffage réservée aux agrumes. L'intérêt de cette technique réside dans l'obtention d'essence n'ayant pas subi de modification chimique liée à la chaleur (**Başer et Buchbauer, 2010; Wilson, 2010**).

II.3.6.4. L'extraction par les solvants :

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on peut extraire par distillation. Elle est basée sur le pouvoir qu'ont certains solvants organiques à dissoudre les effectués à l'aide d'un solvant volatil dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé « concrété » (Duraffourd et al., 1990).

II.3.6.5. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes :

Cette méthode permet de réaliser des extractions du matériel végétal frais à pression atmosphérique, sans ajout d'eau ou de solvant. Elle consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes (Lucchesi et al., 2004).

II.3.7. Rôle des huiles essentielles chez les plantes :

Les plantes produisent des huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu (Rai et al., 2003). Elles sont en général considérées comme des déchets du métabolisme, ou des sous-produits de l'activité métabolique d'une plante (Amiot., 2005). Parmi les plusieurs rôles qu'on peut distinguer le rôle de défense contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides (Richter., 1993) ; contre les prédateurs, par goût et effets défavorables sur le système nerveux, tandis que les huiles essentielles possèdent des propriétés toxiques pouvant paralyser leurs muscles masticateurs (Capoet al., 1990 ; Porter., 2001; Guignard et al., 2004) et qui sont ainsi qualifiés de phagodétendants ou d'inappétants, sont moins consommées (Houël., 2011). D'autres propriétés (antimicrobienne, anti-oxydante) sont également évoquées et montrent la diversité du potentiel des huiles essentielles (Goudoum., 2010). Ils jouent un rôle de protection des plantes contre un excès de lumière (Dunstan et al., 2013). Enfin, on confère également aux huiles essentielles un rôle de communication, les huiles essentielles attirent les insectes favorisant ainsi la pollinisation, intervenant ainsi dans les interactions plantes animaux (Bruneton., 1997) ; et cela autorise le transfert de messages biologiques sélectifs (Bruneton., 1999).

II.3.8. Intérêt de la formulation :

Gauvrit et Cabanne (1993), ont estimé que Les matières actives des produits phytosanitaires sont rarement administrées seules. Alors, il est nécessaire de les associer à des composés appelés formulants ou adjuvants dépourvu de l'activité biologique. La préparation de l'adjonction se fait au niveau industrielle, mais le formulant se prépare lors de l'application du produit.

Une formulation peut poursuivre l'assurances des buts suivants :

- L'efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures.
- Les sécurités de l'utilisateur et de l'environnement.
- Les stabilités chimique et physique du produit.

II.4. la plante étudiée :

II.4.1.historique et présentation de l'origan

Il existe plusieurs versions sur les origines étymologiques du mot *Origanum*. La première viendrait du grec 'ori-ganumai' qui veut dire : qui se plaît dans la montagne, ou "ori-ganos" qui signifie : éclat de la montagne (**Dubois et al., 2006**). Le mot origan désigne également une plante d'un parfum pénétrant. L'Origan est l'une des plantes majeures de l'antiquité. Pline (1er siècle ap. J.C.) lui consacre une place importante dans le livre XX de son histoire naturelle; détaillant ses formes et ses utilisations (**Littre, 1951**).

L'Origan était considéré comme panacée (**Guerin, 1835**), puisqu'on l'utilisait comme anti-infectieux, bactéricide, antitussif, expectorant, carminatif et emménagogue. L'origan est utilisé depuis très longtemps pour soigner les infections respiratoires (en inhalations) mais aussi diverses maladies de peau (avec infections ou non). Tisanes et inhalations, compresses, huile et décoction servaient à l'extérieur comme à l'intérieur du corps (**SENS-OLIVE, 1979**). En cosmétique, l'origan est utilisé industriellement pour la parfumerie. En outre l'origan était déjà connu de l'Égypte des pharaons pour ses vertus antiseptiques. Les médecins chinois utilisèrent pendant des siècles l'Origan pour soigner divers maux (**Boullard, 2001**).

II.4.2.Description botanique de l'Origan

(**Teuscher et al., 2004 ; Rameau et al., 2009 ; Arvy et Gallouin, 2003**) ont décrit l'origan comme un sous-arbrisseau vivace, de la classe des dicotylédones qui mesure de 30 à 80 cm de haut, au feuillage et aux fleurs odorantes quand on les froisse. Il est ainsi reconnaissable à son odeur et à sa saveur phénolée, épicée et chaude.

C'est une plante souvent un peu rougeâtre violacée et qui est couverte de poils, faisant partie de la famille des *lamiaceae* possède donc de nombreuses tiges dressées à la section carrée et ramifiée. Ces tiges peuvent persister l'hiver à l'état sec. (Rameau et al., 2009). Ses feuilles sont opposées-décussées et courtement pétiolées. D'une largeur de 1 à 2 cm et de 5 cm de longueur, elles sont ovales et finement denticulées. Le limbe est vert foncé, et on peut observer la présence de nombreux poils sécréteurs, notamment sur l'épiderme inférieur. (Teuscheret al., 2004 ; Rameau et al., 2009).

Les fleurs sont regroupées en inflorescences de type panicule, fixées au sommet des rameaux ; les bractées elliptiques ont 4 à 5 mm de long et leur couleur souvent rouge foncé varie selon les espèces ; la corolle gamopétale est rouge violet ou rose pâle, exceptionnellement blanche, de 4 à 7 mm de long ; le calice persistant et gamosépales et pourvu de 5 dents égales ; les étamines sont en nombre de 4 ; l'ovaire est supère, bicarpellaire et divisé en 2 loges comportant chacune 2 ovules. Le fruit est un tétrakène lisse, brun, de 1mm de long, chaque akène qui le compose restant longtemps soudé au fond du calice. La floraison a lieu de juillet à septembre (Teuscheret al., 2005).



Figure 3 : Planche d'*Origanum vulgare* (wilhem, 1885).

II.4.3. Classification :

Le genre *Origanum* inclut 39 espèces, dont plus de 75% sont concentrés dans les régions méditerranéennes (**Sahinet al., 2003 ; Kintzios, 2002**).

Tableau 2 : la Classification botanique de l'Origan selon la flore de Quezel et Santa (1963).

| Rang taxonomique | Nomenclature |
|----------------------|------------------------------|
| Embranchement : | Spermaphytes |
| Sous-embranchement : | Angiospermes |
| Classe | Dicotylédones |
| Sous-classe | Gamopétales |
| Série : | Superovariées tétracycliques |
| Super ordre : | Tubiflorales |
| Ordre : | Lamiales |
| Famille : | Lamiaceae |
| Sous-famille : | Népétoïdées |
| Genre : | <i>Origanum</i> |
| Espèce : | <i>Origanum vulgare</i> |

II.4.4. La répartition géographique d'*Origanum vulgare*:

Les membres du genre *Origanum* définis par **Ietswaart (1980)**, sont distribués principalement dans la région méditerranéenne, avec plus de 81% situés exclusivement dans la région est méditerranéenne. Seulement quatre espèces sont limitées à la région ouest méditerranéenne (**Kintzios, 2002**).

Même si la région méditerranéenne représente la zone de distribution la plus importante, des cultures peuvent être retrouvées à Cuba, ou encore à la Réunion, Certaines espèces sont également endémiques à une région ou à un pays (**Figueredo, 2007**). L'origan commun est une plante eurasiatique et subméditerranéenne. En France, elle est commune et pousse spontanément dans la région méditerranéenne, mais est cependant rare en Corse. On la retrouve jusqu'à une altitude de 1800 mètres, On trouve l'espèce *Origanum vulgare* L. en bord de champs, sur les talus, les lisières, et dans les lieux secs. Elle aime également les pelouses sèches et ensoleillées des pays du bassin méditerranéen. (**Rameau et al., 2009 ; Boullard, 1997**)

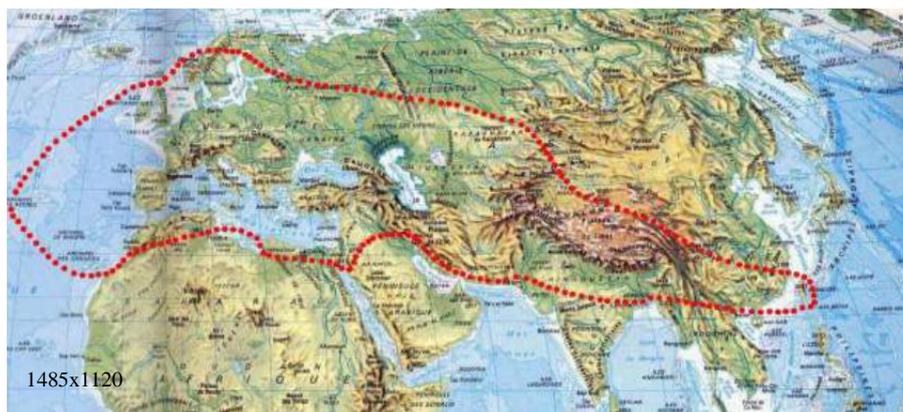


Figure 4 : Aire de distribution du genre *Origanum* (Figueredo, 2007).

II.4.5. Constituants biochimiques de l'origan:

Des études réalisées par différents chercheurs montrent que l'origan est une source riche en plusieurs éléments importants, ayant des effets positifs sur la santé de l'homme, *Origanum vulgare*, présente une grande variété dans sa composition en huiles essentielles suite à l'existence de différentes sous espèces, mais aussi à de nombreux paramètres comme les conditions climatiques et la période de récolte **(Sahin et al., 2004)**.

En Espagne, **Viuda-martos et al., (2007)** ont identifié dans l'origan 32 composés (HE) sachant que les plus abondants sont le carvacrol (61.21%) et le p-cymène (15.12%). D'après **Raduoiene et al., (2005)**, les composés des huiles essentielles les plus dominantes de l'origan de Lituanie sont le β -caryophyllène, les cis- et trans- β -ocimène, le sabinène et le germacrène présentant 49.8 à 76.8% dans les fleurs et 41.9 à 71.4% dans les feuilles. Tandis qu'en Turquie, c'est le caryophyllène (14.4%) et le spathulenol (11.6%) qui sont les plus dominants. Selon **Sahin et al.(2004)**.

Peu d'études ont été réalisées sur les composés phénoliques de l'origan. L'acide protocatéchique, l'acide caféique, l'acide rosmarinique, le glycoside phénylique, l'acide propionique, les flavonoïdes sont les principaux composés phénoliques caractérisés dans l'origan. Les trois composés acide caféique, acide rosmarinique et carvacrol élèvent, en moyenne, de 55% la teneur en composés phénoliques **(kulisicetal., 2004 ; Skergetetal.,2005)**.

II.4.6. La localisation des huiles essentielles dans l'origan :

Les huiles essentielles se trouvent en quantité appréciable chez environ 2000 espèces réparties dans un nombre limité de familles (environ soixante familles) **(Richter, 1993)** et c'est le cas chez les Lamiaceae (origan) **(Elabed et Cambouche., 2003)**.

Tous les organes végétaux peuvent renfermer des huiles essentielles en particulier les sommités fleuries (Menthe, Origan,). On les trouve aussi dans les écorces (Cannelier), les racines (Vétiver), les rhizomes (Gingembre), les fruits (Poire, Orange, Anis, Fenouil), le bois(Camphrier), les feuilles (Eucalyptus, Laurier), les graines (Muscade) et les boutons floraux (clou de Girofle) (**Paris et Moyse., 1965; Belaiche, 1979; Paris etHurabielle, 1981 ; Bruneton, 1999 ; Ghestem et al., 2001**).

Garneau (2004), signale que la plupart des huiles essentielles se retrouvent dans des glandes. Les structures glandulaires et les cellules sécrétrices isolées. Les structures anatomiques spécifiques spécialisées dans la sécrétion des huiles essentielles sont très diverses: poches sécrétrices schizogènes (Myrtacées), des canaux sécréteurs (Conifères et Apiacées), poils sécréteurs (Lamiacées et Astéracées où les huiles sont stockées dans une poche extracellulaire juste en dessous de la cuticule. Cellules sécrétrices isolées (Lauracées, Magnoliacées) (**Belaiche, 1979 ; Paris etHurabielle, 1981 ; Bruneton, 1999 ; Ghestemetal., 2001**).

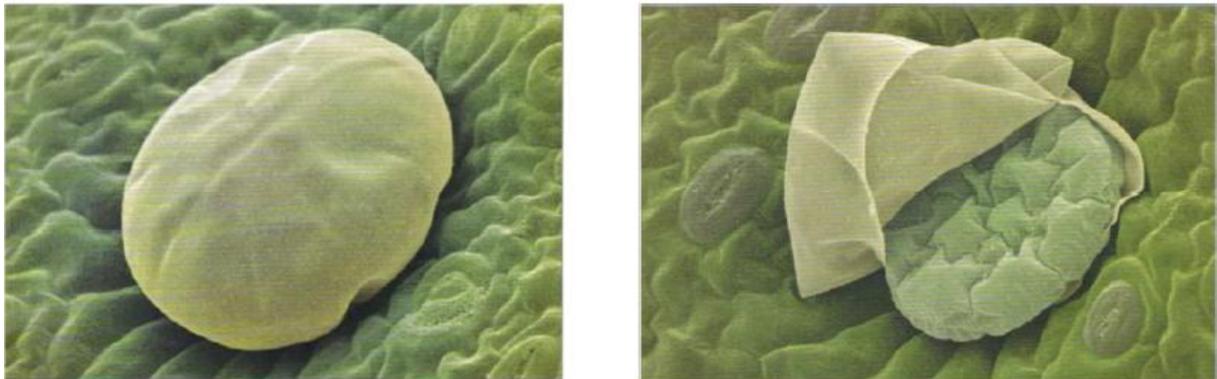


Figure 5: Glande sécrétrice avec cuticule dans la face inférieure de la feuille D'Origanum vulgare (Svoboda et al., 2000).

III. Matériel et méthodes :

III.1. Objectif de l'étude :

L'objectif de l'étude vise à mettre en évidence et à estimer dans le temps le pouvoir insecticide d'un bioproduit formulé à base d'une huile essentielle d'origan *Origanum vulgare* vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum*, par différents mécanismes d'application à savoir inhalation, ingestion et contact de l'huile sur ces ravageurs, à travers des doses variables.

III.2. Présentation de la région d'étude :

III.2.1. Parc National de Chréa :

Situé à 50 km au sud-ouest d'Alger au cœur de d'Atlas Bliidiéen, le Parc National de Chréa à une altitude de 1500 mètres, s'étend en écharpe sur 26587 ha. Il est compris entre les isothermes 8 et 11°C de températures moyennes annuelles, les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Pour ce qui est des températures moyennes mensuelles, leur minimum se situe généralement en janvier pour toutes les stations. Les températures les plus basses sont enregistrées à Chréa avec 3°C (Anonyme, 2015).

Le Parc National de Chréa est compris entre les isohyètes 760 et 1400 mm/an de précipitations moyennes annuelles. Les stations les plus arrosées font face aux vents humides venant du Nord-Ouest (Anonyme, 2015).



Figure 6 : Carte de localisation régionale du parc national de Chréa (Google Earth, 2019).

III.2.2.Synthèse climatique

III.2.2.1.Diagramme ombrothermique

Le diagramme de **Bagnouls et Gausson (1957)** considère qu'un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P \geq 2 T$). Cette relation permet d'établir un graphique sur lequel les précipitations sont portées à l'échelle double des températures. La période sèche se situe entre les deux intersections des deux courbes.

Ces paramètres bioclimatiques sont des facteurs distinctifs du climat et qui sont déterminants dans la vie des êtres vivants. Ils conditionnent en effet le cycle de développement et la croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique. Les données proviennent de l'Office National de Météorologie (O.N.M) pour la période 2005 à 2016 et l'année d'étude 2019.

Le diagramme ombrothermique de l'année 2017 pour la région de Chréa (Blida), montre l'existence d'une période humide et sèche Figure (7). La période sèche s'étale de la fin Mai jusqu'à la fin septembre et les périodes humides s'étalent respectivement de janvier à fin Mai et de la fin septembre à décembre.

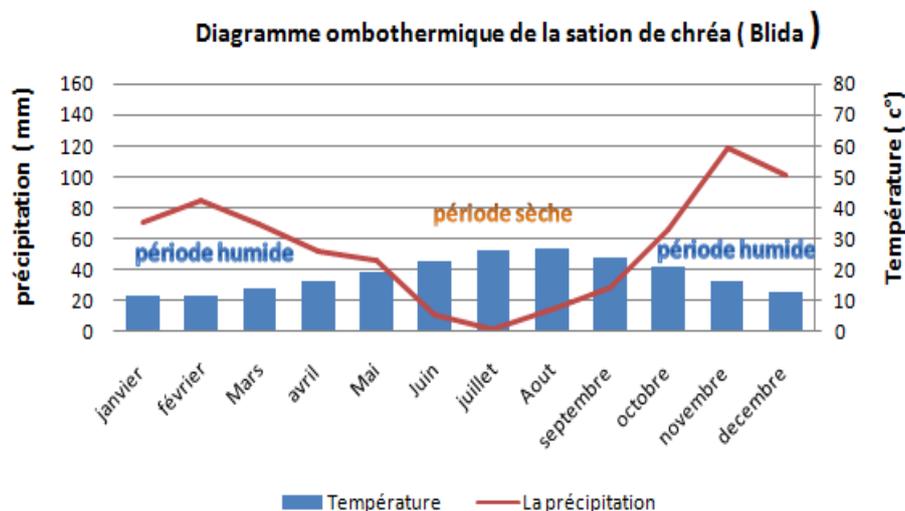


Figure 7 :Climagramme ombrothermique de la station du parc national de Chréa (Blida).

III.2.2.2. Climagramme d'Emberger :

Le quotient pluviométrique permettant de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen a été défini par Emberger en 1952. Il est déterminé à partir de la formule suivante :

$$Q2=2000P/M2- m2$$

Avec :

P : Précipitation annuelle en mm

M : Température maximale du mois le plus chaud °C.

m : Température minimale du mois le plus froid °C.

Quant au scientifique Stewart (1963) il a élaboré une formule pour le climat méditerranéen, soit

$$Q2 = 3,43 (P/M-m)$$

Avec :

3,43 est une constante,

Q : Le quotient pluviométrique d'Emberger,

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm,

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C,

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

En portant les valeurs de $Q2=93.2$ et $m=4.8^{\circ}\text{C}$ sur le climagramme d'Emberger, nous constatons que la région de Chréa (Blida) est classée dans l'étage bioclimatique subhumide, à hiver doux Figure(8).

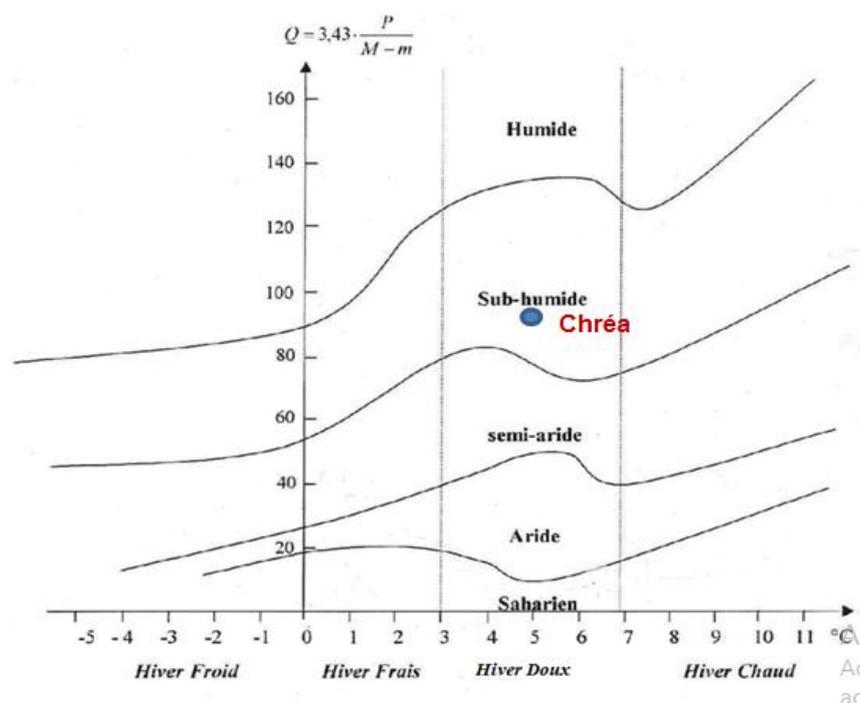


Figure 8 :Climagramme d'emberger de la station de parc national de chréa (Blida).

III.3. Lieu de l'expérimentation :

L'étude est réalisée au niveau du laboratoire de Phytopharmacie appliquée du département des Biotechnologies de l'université de Blida1. Elle a consisté à l'extraction de l'huile essentielle de l'origan et l'évaluation de son activité insecticide sur les adultes du *Tribolium castaneum* .

III.4. Matériel utilisés :

III.4.1. Matériel de laboratoire (Annexe) :

- Un appareil d'extraction (Clevenger)
- Une étuve d'élevage
- Une balance de précision
- Flacon en verre
- Boîtes de pétri en plastique
- Bécher, bocal d'élevage
- Seringue graduée
- Papier waltman, papier parafilm ,coton ,fil
- Matériels métal (cullière /pince ...)

III.4.2. Matériels biologiques :

III.4.2.1. Matériel végétal :

La partie aérienne d'*Origanum vulgare* a été collectée pendant la saison printanière (avril 2019) au niveau des montagnes de Chréa (parc national de Chréa) situé dans la wilaya de Blida Figure (09). La plante fraîchement collectée a été débarrassée des impuretés puis séchée à l'ombre à l'abri de la lumière et dans un endroit sec et aéré pendant une semaine pour ensuite être découpée en très petites parties(1-2 cm) pour l'extraction de l'huile essentielle.



Figure 09: Site de récolte de l'origan (Originale, 2019).

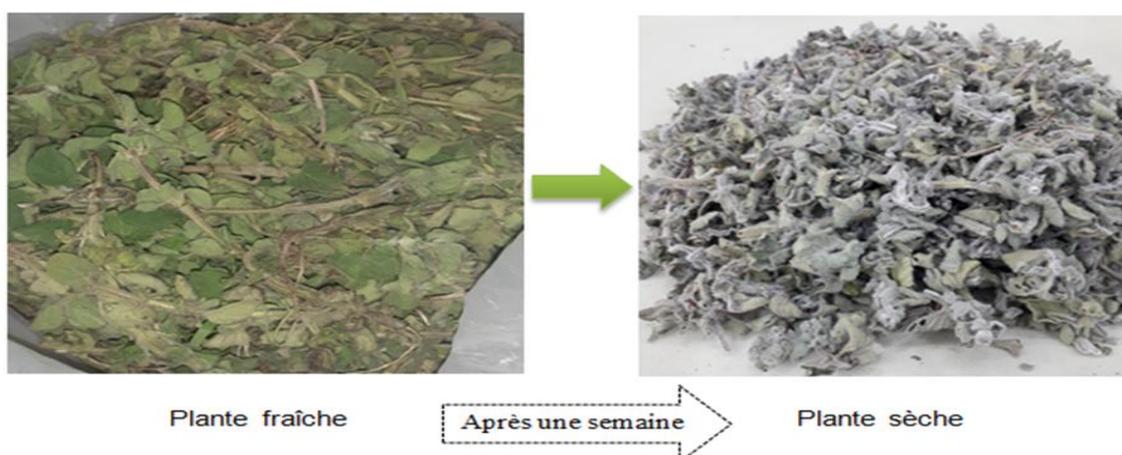


Figure 10 : Séchage du matériel végétal (originale, 2019).

III.4.2.1.1. Extraction de l'huile essentielle par Hydrodistillation :

L'extraction de l'huile essentielle de l'origan est réalisée par la technique d'hydro-distillation sur un appareil de type Clevenger. Cependant, 50g de matériel végétal séché sont introduits dans 750ml d'eau distillée puis mis à ébullition pendant une durée de 3h de temps permettant l'obtention de la vapeur qui se charge des produits volatils. Celle-ci est ensuite refroidie dans un condensateur et les différentes substances à savoir l'hydrolat et l'huile essentielle sont récupérés séparément dans la verrerie de laboratoire. L'huile essentielle a été stockée à 4°C.

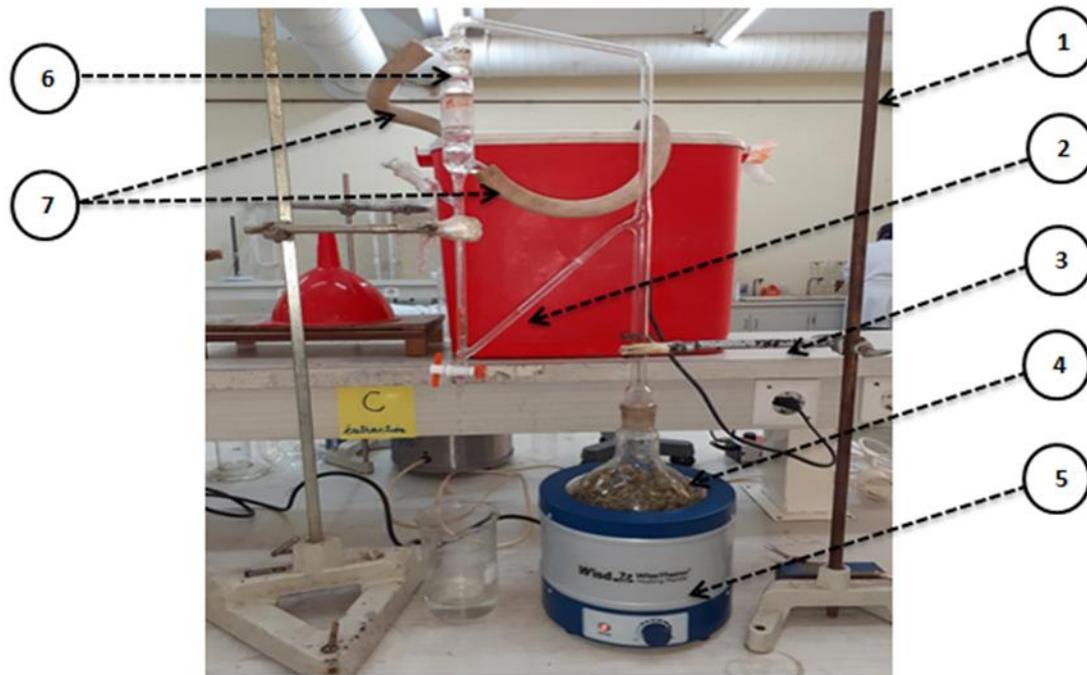


Figure 11: Dispositif d'extraction Clevenger (originale, 2019).

1 : Statif. 2 : Système de recirculation d'eau. 3 : Noix. 4 : Ballon rempli d'eau et de matière végétale (Origan). 5 : Chauffe ballon. 6 : Système de refroidissement. 7 : Entrée et sortie d'eau froide.

III.4.2.2. Matériel animal :

III.4.2.2.1. L'identification de l'espèce étudiée :

L'identification du modèle biologique animal qui dans notre cas est le *Tribolium* rouge de la farine est faite en se référant à **Bousquet, (1990)** qui stipule que le *Tribolium castaneum* porte une Massue antennaire brusquement élargie comparé au *Tribolium* brun de la farine *Tribolium confusum* dont la massue antennaire est graduellement élargie.



A

Figure 12 : Partie tête et thorax de *Tribolium castaneum* (Bousquet, 1990).



B

Figure 13: Partie tête et thorax de *Tribolium castaneum* (Herbst) observé sous une loupe binoculaire Gx40 (original, 2019).

III.4.2.2. Elevage du matériel animal :

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité des phytopréparations appliquées est limité aux individus de *Tribolium castaneum* (Herbst) originaire des stocks de farine. Un élevage de masse a été réalisé dans des bocaux en verre dans un milieu nutritif composé de farine de blé, à une température de 26°C et à une humidité relative de 60 %, fermé par un filet à fine maille pour permettre la respiration des insectes. Figure (14)



Figure 14: Elevage de *Tribolium castaneum* (originale, 2019).

III.5. Méthodes :

III.5.1. Estimation du rendement en huile essentielle :

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (**Belyagoubi, 2006**). Ce rendement est calculé à partir du poids de l'huile essentielle par rapport au poids sec de la masse végétale utilisée dans l'hydro-distillation, soit :

$$\text{Rd HE (\%)} = (V / M \text{ MV}) \times 100$$

Avec:

Rd HE (%) : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage.

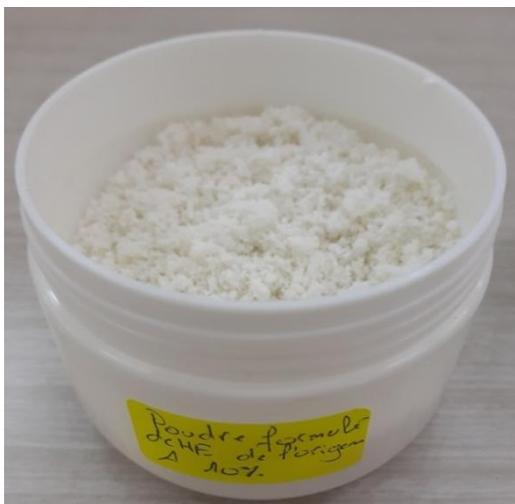
V : volume d'huile essentielle en gramme.

M MV : La masse de la matière végétale utilisée (sèche).

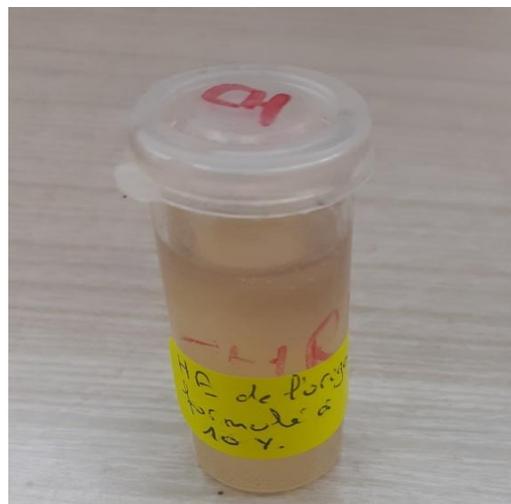
III.5.2. Formulation des bioproduits :

Les traitements utilisés sont des bioproduits à base d'huile essentielle extraite d'*Origanum vulgare*, formulés à 10% d'huile essentielle sous forme solide (poudre) et en liquide.

Ces formulations ont été préparées au laboratoire de phytopharmacie biotechnologie de l'université de Blida1 selon le protocole établie par **Moussaoui et al.,(2014) .**



A : La poudre formulée



B : Le liquide formulé

Figure15: Bioformulations à base d'huile essentielle d'origan (original ,2019).

III.6. Préparation des traitements :

III.6.1. Préparation des doses pour les tests par contact et inhalation :

De la solution mère formulée à 10% de matière active de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*, 3 doses ont été préconisées pour l'application des traitements par contact et inhalation

La première préparation consiste à prélever 1g de la solution mère à laquelle on rajoute 9ml d'eau distillée correspondant ainsi à la dose la plus faible D1 .De la même façon la D2 correspond à la dose moyenne avec 2g/8 ml d'eau distillée, et la plus forte dose est relative à la D3 avec 3g/7ml d'eau distillée.

III.6.2. Préparation des doses pour les tests par ingestion :

Le même procédé est utilisé pour la préparation des doses pour la formulation solide (poudre) en mélangeant une quantité de la formulation mère poudre contenant 10% de matière active et une quantité de farine saine à l'aide d'un homogénéisateur rotatif cependant :

D1 correspond à 1g de formulation mère à laquelle on rajoute 9g de farine saine. Ainsi, D2=2g/8g de farine saine et D3=3g / 7g de farine saine.



Figure 16 : Préparation des dilutions des doses en liquide et poudre (D1, D2 , D3) (photo original, 2019).

III.7. Les Tests de toxicité :

Le principe consiste à tester l'effet toxique de trois différentes doses D1, D2 et D3 sur les individus de *Tribolium* par différents modes d'application

III.7.1. Application par inhalation :

Le mode d'application par inhalation consiste à :

1. Introduire un lot de 10 individus de *Tribolium castaneum* dans chaque flacon préalablement lavé et séché.
2. Préparer des boules de coton de même dimension munies d'un fil, aux quelles on a injecté une même quantité de la dose à tester
3. Suspendre à la même hauteur les boules traitées, et les fixer sur les bouchons puis fermer de suite les flacons.
4. Evaluer dans le temps l'efficacité du bioproduit testé en dénombrant quotidiennement les Individus morts dès les premières heures après l'application des tests (2h 4h 24h 48h 72h).

Toutes les doses testées sont répétées 5 fois et comparées à un lot témoin qui a subit un traitement à l'eau distillée.



Figure 17 : application de traitement par mode d'inhalation (photo original, 2019).

III.7.2. Application par ingestion :

Le test de toxicité par le mode d'application par ingestion consiste à :

1. affamer les individus de *Tribolium* pendant 24h dans un bocal fermé par un filet à fine maille fine maintenu par un élastique pour permettre la respiration des insectes.
2. Déposer un lot de 10 individus adultes de *Tribolium castaneum* dans les boîtes de pétri de 9 mm de diamètre contenant les doses à tester à savoir D1, D2 et D3.
3. Parafilmer toutes les boîtes de pétri afin d'éviter la volatilisation et les pertes des molécules actives.
4. Estimer dans le temps l'efficacité de la poudre testée par le dénombrement des Individus morts dès les premières heures après l'application des tests (2h 4h 24h 48h 72h).

Toutes les doses testées sont répétées 5 fois et comparées à un lot témoin dont les boîtes contiennent uniquement de la farine saine.



Figure 18 : Application de mode d'ingestion (Original, 2019).

III.7.3. Application par contact :

Ce dernier mode consiste à :

1. Découper des disques le papier waltman à la dimension de la boite pétri pour les imbiber à l'aide d'une seringue des mêmes doses de la solution liquide à tester (D1, D2 et D3)., une quantité de 1 ml de dose préparé (pour le témoin les papiers ont été imbibés par l'eau distillée sans matière active).
3. Un lot de 10 individus adultes de *Tribolium castaneum* a été introduit dans les boites de pétris puis les fermé par le parafilm afin d'éviter la volatilisation et les pertes des molécules actives.
4. le même procédé d'évaluation temporelle de la toxicité par inhalation a été suivi dans ce mode en consignant que toutes les doses testées sont aussi répétées 5 fois et comparées à un lot témoin dont les disques sont imbibés qu'avec de l'eau distillée.



Figure 19: application de mode de contact (original, 2019).

III.8. Analyse des données :

III.8.1. Dénombrement :

Le taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* est estimé en fonction de temps d'exposition et des différentes doses appliquées D1, D2, D3 par rapport au témoin ; cependant, la vérification de la mortalité des adultes des individus est réalisée à l'aide d'une pince.

III.8.2. Estimation de la mortalité observée :

Le pourcentage de mortalité observée chez les individus témoins et traités est estimé par la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombres des individus morts}}{\text{Nombres totales des individus}} \times 100$$

III.8.3. Estimation de la mortalité corrigée :

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tué par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique, Pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule d'**Abbott (1925)** qui est la suivante:

$$\text{MC \%} = \frac{(M - M_t \times 100)}{(100 - M_t)}$$

Avec :

MC (%) : le pourcentage de mortalité corrigée.

M(%) : le Pourcentage des morts dans la population traitée.

Mt (%) : le Pourcentage des morts dans la population témoin.

III.8.4. Calcul des doses létales 50:

L'efficacité d'un produit toxique se mesure par la DL50 qui représente la quantité de substance toxique qui entraîne la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite à partir du tracé d'une droite de régression, prenant en compte les probits des valeurs des mortalités corrigées en ordonnées par le biais de la table des probits et les logs décimaux des doses en abscisse. Les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probits selon la table de **Bliss inCavelier, (1976)**(annexe). Ces probits sont représentés graphiquement en fonction du logarithme népérien afin d'évaluer la dose létale 50 (DL50) qui est déterminée à partir de l'équation de la droite de régression obtenue en utilisant le logiciel Excel : $Y = ax + b$, Y étant le probit de la valeur de la mortalité corrigée, x le logarithme décimal de la dose, et à la pente de l'équation de la droite de régression, on déterminera la dose qui correspond à un probit de 5 (5% de mortalité) d'où la DL50'.

III.8.5. Analyse de la variance

Le recours à une analyse de variance (GLM) par le biais du logiciel utilisé pour l'analyse de l variance est SYSTAT vers. 7.0. SPSS 1997 permet de vérifier la signification de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale. La signification des différences entre les traitements est exprimée en fonction de la probabilité P erreur 5% avec $P > 0,05$: Différence non significative.

$P < 0,05$: Différence significative.

IV. Résultats:

Les résultats correspondants à l'étude de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Origanum vulgare* formulée, appliquée sur les populations des *Tribolium castaneum* par trois voies d'exposition à savoir : inhalation, ingestion et contact sont présentés dans cette partie.

IV. 1. Le rendement en huile essentielle de l'origan :

L'huile obtenue par la technique d'hydro-distillation est d'une couleur jaune et d'un aspect liquide fluide et limpide, avec une odeur aromatique, très puissante et pénétrante. Le rendement moyen en huile essentielle pour 200g de matière végétale sèche d'origan (*Origanum vulgare*) est de 0.19%.

IV.2.Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées de l'origan:

Selon les résultats obtenus, on constate que les individus de *Tribolium castaneum* traités ont réagi de manière différente sous l'effet toxique des bioproduits formulés comparativement à la population non traitée.

IV.2.1.Fluctuation des taux de mortalité de la formulation liquide appliquée par inhalation :

D'après la figure 21, et comparativement au témoin, on constate que toutes les formulations ont un effet toxique dans le temps sur les individus de *Tribolium castaneum* avec une suprématie de toxicité de la D3 par rapport aux autres doses testées. Néanmoins la plus forte dose D3 se révèle la plus toxique en affichant à 24h après traitement un taux de mortalité corrigée de sur 80% suivie de la moyenne dose D2 avec une valeur de 60% et enfin la faible dose D1 avec un taux de mortalité de 40%.Le taux de mortalité de 100% est atteint à 72h et cela pour toutes les doses.

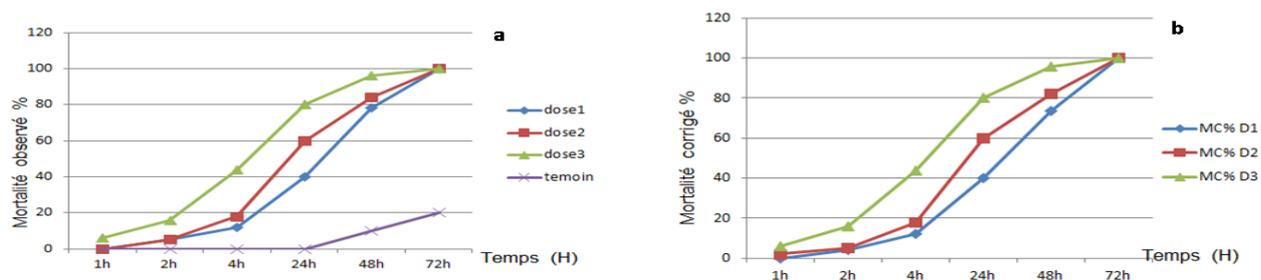


Figure 21: Evolution temporelle du taux de mortalité de *Tribolium castaneum* par inhalation.

(a) mortalité observée, (b) mortalité corrigée

IV.2.2. Fluctuation des taux de mortalité de la formulation liquide appliquée par contact :

Les résultats obtenus avec l'huile essentielle appliquée en mode contact révèlent que cette dernière a provoqué une mortalité similaire à celle exposée par inhalation. A la plus forte dose, elle a occasionnée 82 % de mortalité sur la population du ravageur expérimenté. Les résultats de l'huile essentielle d'O. *Vulgaris* testée par contact à l'égard des adultes de *T. castaneum* montre un effet toxique proportionnel à la dose employée et du temps d'exposition (figure 22).

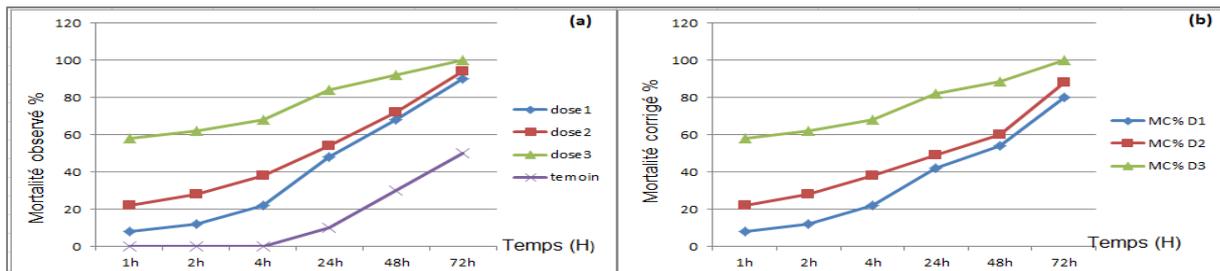


Figure 22 : Evolution temporelle du taux de mortalité de *Tribolium castaneum* par contact.

(a) mortalité observée, (b) mortalité corrigée

IV.2.3. Fluctuation des taux de mortalité de la formulation liquide appliquée par ingestion

Les résultats de l'effet insecticide de bioproduit à base d'huile essentielle de l'origan testé sur les adultes de *Tribolium Castaneum* par mode d'exposition ingestion rapportés graphiquement ci-dessous sur la figure montrent que le taux de mortalité se progresse très ralentissement et presque inexistant (Figure23).Après 72 h de traitement, les doses ne dépasse pas 5% de mortalité pour toutes doses testé.

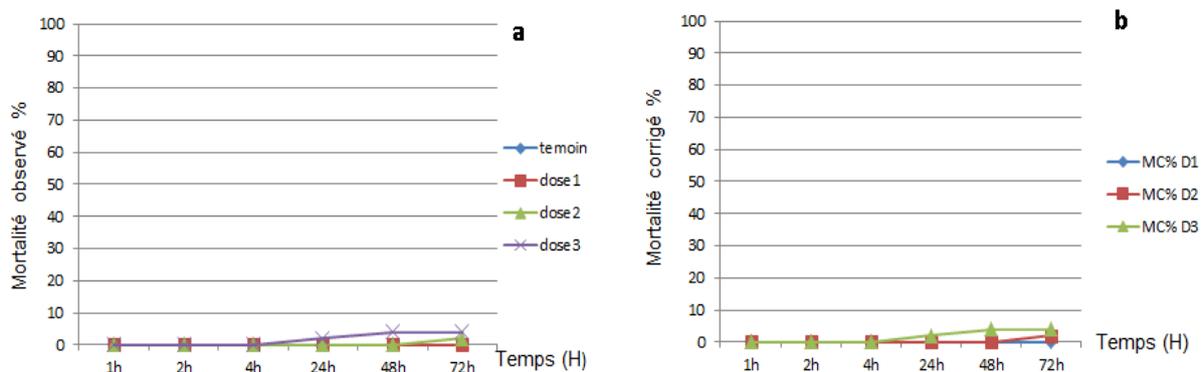
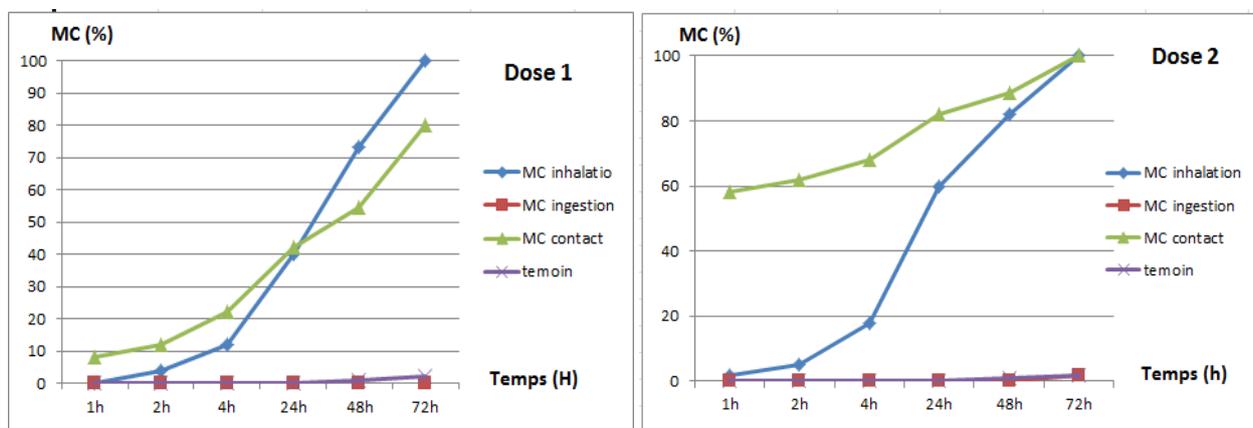


Figure 23 : Evolution temporelle du taux de mortalité de *Tribolium castaneum* par ingestion.

(a) mortalité observée, (b) mortalité corrigée

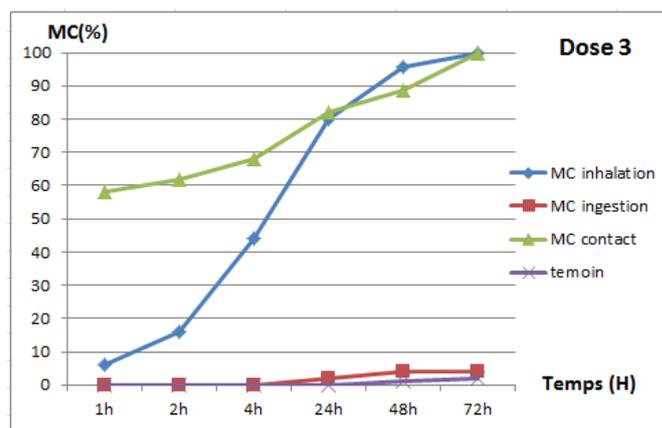
IV.2.4. Comparaison des modes d'application :

Les 3 Modes utilisés dans cette expérimentation réagissent déferrement l'un par rapport à l'autre dans chaque doses, et en fonction de temps ,avec un taux de mortalité et une vitesse dépendra d'une dose à une autre, aussi il existe une corrélation directe entre les deux facteurs (mortalité et temps).Les deux modes inhalation figure (a) et contact figure (b), montrent des résultats signifiant la mortalité augmente progressivement vers la totalité ce qui explique la haute sensibilité du ravageurs ou alors la forte toxicité du produit testé. Contrairement aux individus traités par le mode ingestion figure (c).Le taux de mortalité était faible et la variance des dose n'avez aucun effet fortes et le faible pourcentage de mortalités enregistré est négligeable et peuvent être explique par une mortalité naturelle.



-a-

-b-



-c-

Figure 24: Évolution de la mortalité corrigée des adultes de *Tribolium castaneum* par différents modes (inhalation, contact et ingestion) sous les bioformules d'origan.

IV.3. Analyses de la variance (GLM) :

IV.3.1. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle de d'origan par inhalation sur *Tribolium Castaneum*

Tableau 3 : Résultats de l'analyse de variance (GLM) des taux de mortalité par rapport au temps et aux doses appliquées par inhalation

| Analysis of Variance | | | | | |
|----------------------|-------------|----|--------------|---------|---------|
| Source | Type III SS | df | Mean Squares | F-ratio | p-value |
| TEMPS\$ | 24 773,03 | 5 | 4 954,61 | 76,488 | 0 |
| DOSE\$ | 1 082,39 | 2 | 541,196 | 8,355 | 0,007 |

L'analyse de la variance du taux de mortalité de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des doses appliquées par mode d'inhalation dans le temps révèle une différence très significative pour les deux facteurs (Temps, Dose) avec une probabilité $P = 0.007 < 5\%$ (Tableau 3). D'après Les graphiques qui correspondent à l'évolution temporelle des taux de mortalité du ravageur cible sous l'effet des doses, on constate qu'il y a une toxicité croissante dans le temps (figure a) avec une plus grande toxicité de la plus forte dose D3 par rapport à la moyenne et la faible dose D2 et D1 (figure b)

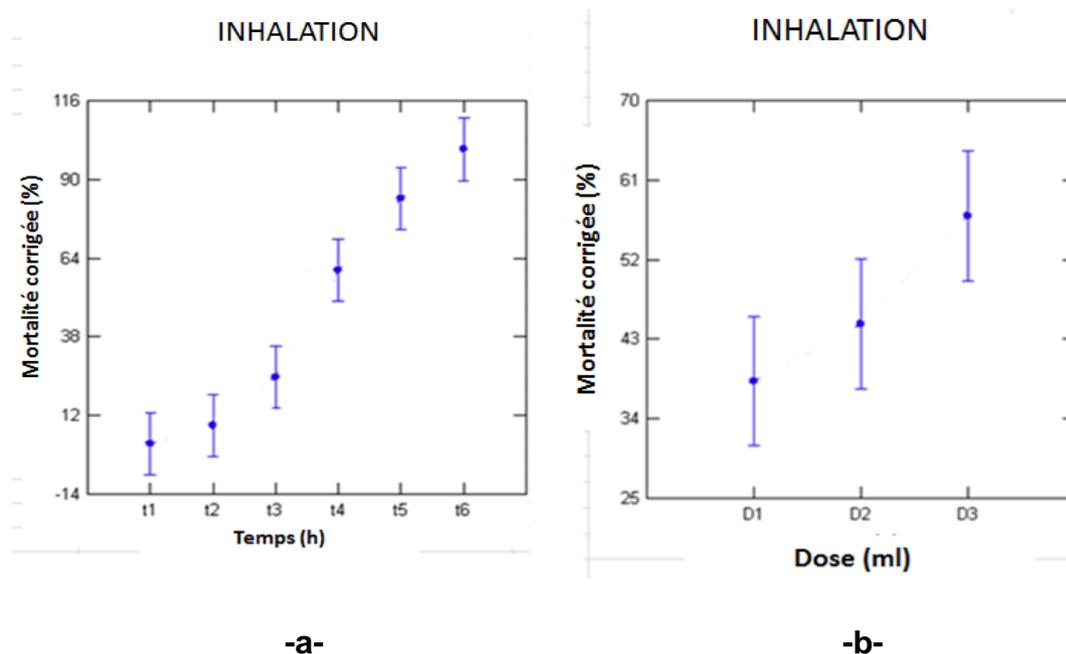


Figure 25: L'analyse de variance (GLM) du taux de mortalité de *Tribolium Castaneum* Par Inhalation en fonction de Temps et Doses.

t1 : 1h, t2 : 4h, t3 : 6h, t3 : 24h, t4 :48h, t5 : 48h, t6 : 72h.
 D1: 1ml, D2: 2ml, D3: 3ml.

IV. 3.2. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle de l'origan par contact sur *Tribolium castaneum* :

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de variance (GLM) des taux de mortalité par rapport au temps et aux doses appliquées par contact.

| Analysis of Variance | | | | | |
|----------------------|-------------|----|--------------|---------|---------|
| Source | Type III SS | df | Mean Squares | F-ratio | p-value |
| TEMPS\$ | 7 747,70 | 5 | 1 549,54 | 39,92 | 0 |
| DOSE\$ | 5 122,67 | 2 | 2 561,34 | 65,986 | 0 |

D'après le tableau 4, l'analyse de la variance du taux de mortalité de *Tribolium Castaneum* sous l'effet des doses appliquée par mode de contact dans le temps révèle une différence très hautement significative pour les deux facteurs (Temps, Dose) avec une probabilité $P = 0 < 5\%$. Les résultats graphiques relatifs à l'évolution temporelle des taux de mortalité du *Tribolium* sous l'effet des doses, on remarque qu'il y a une toxicité graduelle dans le temps (figure a) en affichant la plus grande toxicité pour la forte dose D3 suivie de la moyenne dose D2 et enfin de la faible dose D1 (figure b).

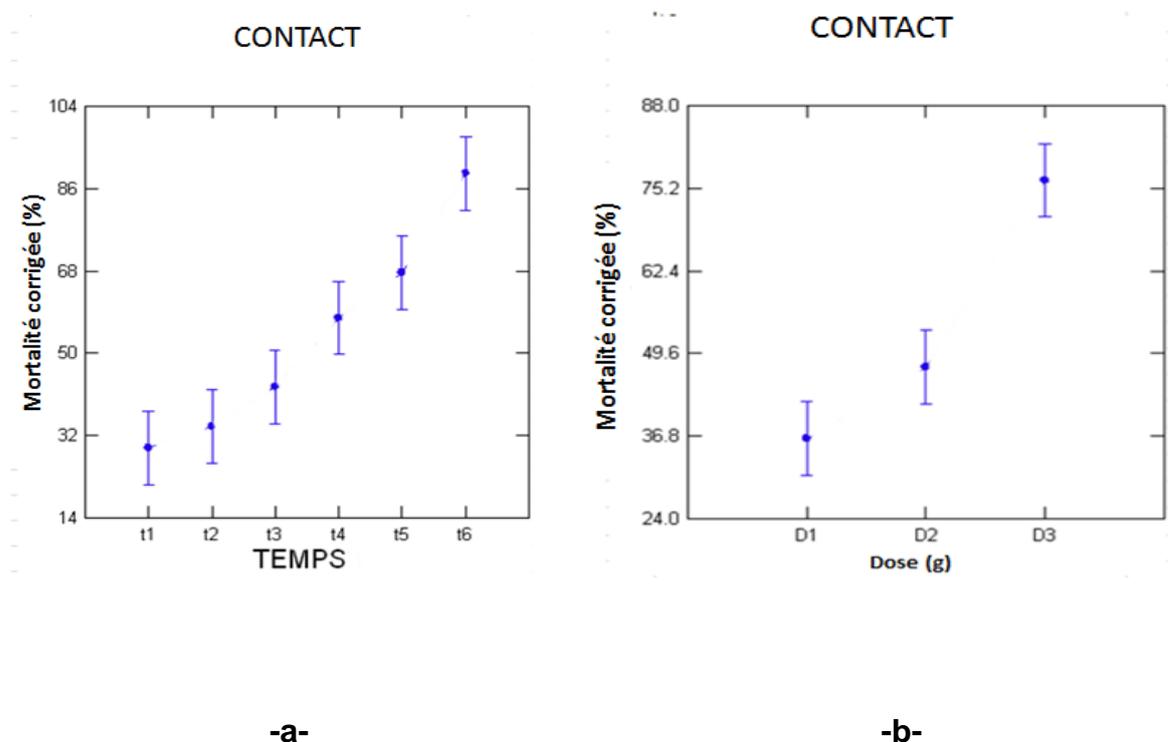


Figure 26: L'analyse de variance (GLM) du taux de mortalité de *Tribolium Castaneum* par Contact en fonction de Temps et Doses.

t1 : 1h, t2 : 4h, t3 : 6h, t3 : 24h, t4 : 48h, t5 : 48h, t6 : 72h.
D1: 1ml, D2: 2ml, D3: 3ml.

IV. 3.2. Analyse de la variance pour le test d'efficacité de l'huile essentielle de l'origan par ingestion sur *Tribolium Castaneum* :

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de variance (GLM) des taux de mortalité par rapport au temps et aux doses appliquées par ingestion.

| Analysis of Variance | | | | | |
|----------------------|-------------|----|--------------|---------|---------|
| Source | Type III SS | df | Mean Squares | F-ratio | p-value |
| TEMPSS | 10,667 | 5 | 2,133 | 1,778 | 0,205 |
| DOSESS | 9,333 | 2 | 4,667 | 3,889 | 0,056 |

L'analyse de variance du taux de mortalité de *Tribolium Castaneum* révèle une différence non significative pour les deux facteurs (Temps, Doses) dont $P = 0.056$ donc $P > 0.05$ (le tableau 5). Cependant, un faible taux de mortalité des adultes du *Tribolium Castaneum* est enregistré dans le temps Figure (a). Quant à l'effet des doses appliquées par ingestion, les résultats affichent un taux de mortalité modéré du *Tribolium castaneum* par rapport aux deux modes précédents. Néanmoins la D3 reste la plus toxique par rapport à la D2 et D3 (figure b).

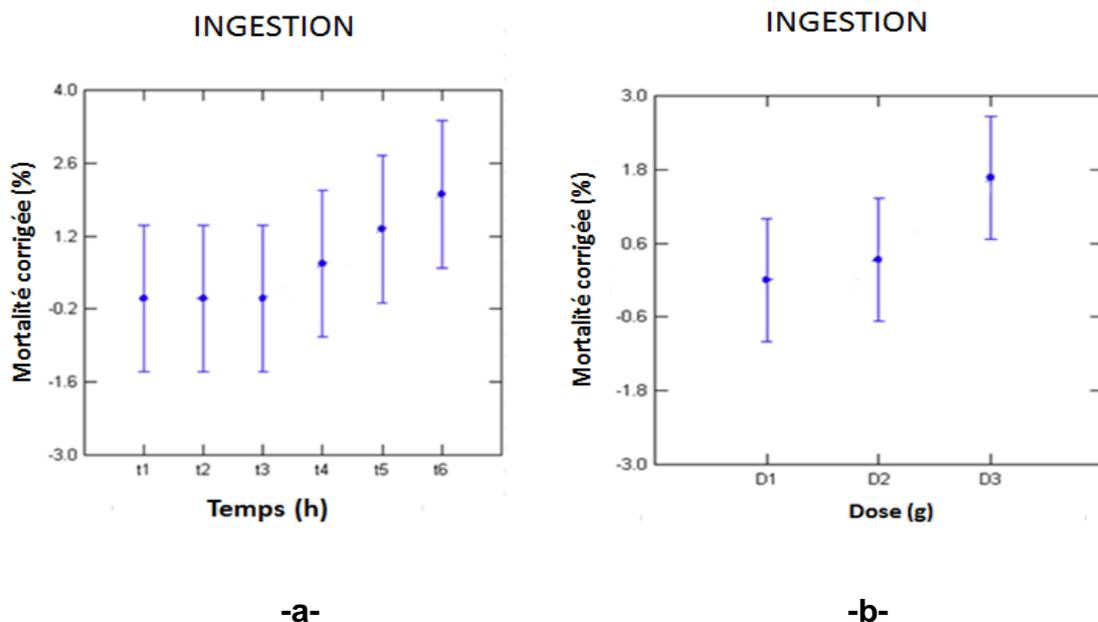


Figure 27: L'analyse de variance (GLM) du taux de mortalité de *Tribolium Castaneum* par ingestion en fonction de Temps et Doses.

t1 : 1h, t2 : 4h, t3 : 6h, t4 : 24h, t5 : 48h, t6 : 72h.
D1 : 1g, D2 : 2g, D3 : 3g.

IV.4. Doses létales DL50 :

Les résultats obtenus ont permis de déterminer à partir des tableaux d'analyses des probabilités, les valeurs de la DL₅₀ des différents modes d'exposition de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*. Les résultats montrent que l'huile essentielle testée est toxique sur les populations de *Tribolium castaneum*.

L'examen des valeurs des DL₅₀ après 24h d'exposition des individus adulte pour les modes inhalation et contact et après 72h pour le mode ingestion, nous permet de déduire que l'huile essentielle appliquée possèdent une toxicité variable vis-à-vis des individus adulte de *T. castaneum* et la mortalité dépend de la dose appliquée.

L'huile essentielle de l'origan en mode inhalation et contact entraîne une mortalité de 80% et 82% respectivement à la dose la plus élevée au bout de 24h d'exposition. Cependant, le mode d'exposition par ingestion était moins efficace et n'atteignait que 4% à la dose la plus élevée après 72h.

Selon les résultats l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a montré une activité insecticide élevée 1,36 ml par inhalation et 1,43 ml par contact. L'autre mode d'exposition par ingestion était inactif 4,68 g Sur la base des valeurs de la DL₅₀ l'ordre de toxicité par rapport au mode d'exposition est le suivant : *Inhalation>contact>ingestion*.

Tableau 6: Toxicité(DL₅₀) de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* sur les adultes de *Tribolium castaneum* selon trois modes d'exposition.

t1 : 1h, t2 : 4h, t3 : 6h, t3 : 24h, t4 : 48h, t5 : 48h, t6 : 72h.
D1 : 1g, D2 : 2g, D3 : 3g.

| MC% | Inhalation (24h) | Contact (24h) | Ingestion (72h) |
|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| D1 | 40 | 42,22 | 0 |
| D2 | 60 | 48,88 | 2 |
| D3 | 80 | 82 | 4 |
| DL₅₀ | 1,36 | 1,43 | 4,68 |

Discussion :

La problématique dans cette étude est le recours à une bioformulation à base d'huile essentielle d'une plante aromatique en tant que méthode de lutte biologique en substitution aux produits de synthèse.

Le rendement est le rapport de la quantité d'huile recueillie après distillation sur la quantité de la biomasse, exprimée en pourcentage (**Williams & Lusunzi, 1994**). L'extraction de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a donné un rendement de 0,19%. Ce résultat est nettement inférieur à celui reporté par **Gong et al. (2014)** et **Bejaoui et al. (2013)**, l'étude de **Silva et al. (2012)**. Cependant quelques études montrent un rendement plus important que celui enregistré dans notre étude. En effet, **Lakhrissiet al. (2016)** ont déterminé un rendement de 2.34% et pour **Mecherguiet al. (2015)** les rendements en huile essentielle de la plante *O. vulgare* est compris entre 2.5% et 4.6%.

Ces variations des teneurs seraient probablement dues, selon certains auteurs aux facteurs environnementaux prenant en compte que l'huile essentielle et sa composition quantitative et qualitative peut être influencée par les conditions climatiques (notamment le type de climat, l'altitude, le taux d'exposition au soleil) le type de sol, le stade de croissance de la plante en question, le moment de la récolte et la méthode d'extraction (**Bouhaddouda., 2016 ; Heni., 2016**).

De nombreuses études ont montré que les huiles essentielles ont un large spectre d'action sur les insectes des denrées stockées (**Hamoudi, 2000 ; Keita et al., 2001**). L'étude réalisée par **Shaaya et al. (1993)** sur la toxicité par fumigation de 26 huiles essentielles a montré que seul le laurier, la sauge, et la lavande manifestaient 100 % de mortalité sur *Rhysoperthadominica*, *Orysaephilussurinamensis*, *Tribolium castaneum* et *sitophilusoryzea* pour une concentration de 15 ml/l. De même, **Raja et al. (2001)**, affirment que les huiles essentielles de *Menthaarvensis*, *Menthapiperita* et *Menthaspicata* possèdent une action biocide inhalatoire significative vis à vis de *Callosobruchus maculatus*. **Ayvaz et al. (2010)**, en testant l'huile essentielle d'origan par inhalation contre deux déprédateurs de denrées stockées, a enregistré une mortalité de 100 % après 24 heures d'exposition. Comparativement à ces études, les résultats obtenus, montrent un effet inhalatoire de l'huile essentielle formulée d'*Origanum vulgare* à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum*. Cette efficacité varie en fonction de la dose appliquée et du temps d'exposition. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile et le comportement du ravageur.

Plusieurs études ont suggéré que l'efficacité insecticide de ces substances naturelles appliquées dans les tests de toxicité par inhalation contre les ravageurs de

denrées stockées serait vraisemblablement due à leur richesse en composés monoterpéniques (**Regnault-roger et Hamraoui, 1995; Tapondjou et al., 2002**).

L'action toxique par contact de certaines plantes sous forme d'huile essentielle à l'égard des insectes est relatée par une littérature abondante. Néanmoins, l'activité insecticide de l'huile essentielle d'origan sur *T.castaneum*, selon la bibliographie disponible, n'a pas été déjà étudiée. Pour cela, les résultats de cette étude ont été comparés à ceux obtenus pour les autres espèces de plantes aromatiques. Tels que les travaux réalisés par **khalfi-Habes (2007)**, qui a montré que 9 huiles essentielles (Genévrier, l'armoise, faux poivrier, laurier, l'eucalyptus, thym, romarin, l'origan, et la menthe) manifestent une activité insecticides par contact relativement variable selon les plantes vis-à-vis de *Rhysopertha dominica* F. a la plus forte dose des huiles essentielles provoque une mortalité élevée de 70% , 100% , 52%, 100%, 100 % , 93.1% 93.1% 100 % , et 100% respectivement.

Un nombre important de travaux ont démontré l'activité insecticide par inhalation et contact des huiles essentielles sur de nombreux prédateurs (**kellouche et al., 2010**). Notons que l'efficacité insecticide des plantes médicinales utilisées sous forme de poudre (ingestion) contre les insectes des denrées stockées a été confirmée par plusieurs chercheurs pour la protection des denrées stockées (**Dwivedi et Shekhawat 2004**). Contrairement à ces travaux, les résultats de la présente étude, montrent un effet insecticide modéré, du moins par ingestion, de l'huile testée sur *T. castaneum*. Cette faible toxicité pourrait être liée d'une part au type de formulation et d'autre part au comportement nutritionnel de l'insecte étudié.

Les résultats du présent travail, révèlent une faible toxicité de l'huile essentielle testée par ingestion sur les adultes de *T. castaneum*. où la dose létale 50 est trop élevée (4,68) or que l'application de cette huile par contact et inhalation révèle des DL50 les plus faibles avec respectivement 1,43 et 1,36. En effet, **Khalfi-habes et al. (2010)**, montrent que les huiles essentielles de trois plantes aromatiques (L'origan, Romarin, thym) de la famille des Lamiacées provoquent une toxicité élevée par contact- inhalation sur *Rhysopertha dominica* F. avec de faibles DL50 (DL50=0.232 mg /cm² pour l'Origan, suivi du romarin avec une DL50= 0.428 mg /cm², et du thym avec une DL50= 0.522 mg /cm²).

Les huiles essentielles ont fait l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des graines stockées par leurs effets insecticides (**Batish et al., 2008 ; Camara., 2009. Kellouche et al., 2010**). Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cibles (organes sensoriels, système nerveux,

système endocriniens, appareil digestif, appareil reproductif, etc.) (**Benayad, 2013**). Certaines huiles essentielles ont une action neurotoxique (**Enan., 2005**) ou inhibitrice du système enzymatique des insectes (**Ketoh et al., 2006**). D'après (**Kim et al., 2003**), les effets toxiques des Huiles essentielles dépendent du ravageur, de la plante testée et de la durée d'exposition.

Conclusion:

La présente étude a permis d'évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle extraite d'*Origanum vulgare* sur l'insecte ravageur des céréales stockées *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797).

Le résultat du rendement en huile essentielle obtenu à partir d'*Origanum vulgare*, extraite à l'aide d'un dispositif de type Clevenger a fourni un rendement de l'ordre de 0,19 %.

Les résultats obtenus des tests sur l'activité insecticide de l'huile essentielle d'origan selon différents modes d'exposition nous ont permis de confirmer leur action biocide sur le ravageur considéré. L'évaluation de l'activité insecticide montre que l'huile essentielle étudiée est active sur *T.castaneum* où les taux de mortalité enregistrés sont de l'ordre 80 % et 100 %, par effet contact et par inhalation respectivement. Tandis que l'action biocide de cette huile, expérimentée par ingestion, révèle un taux de mortalité le plus faible (5%).

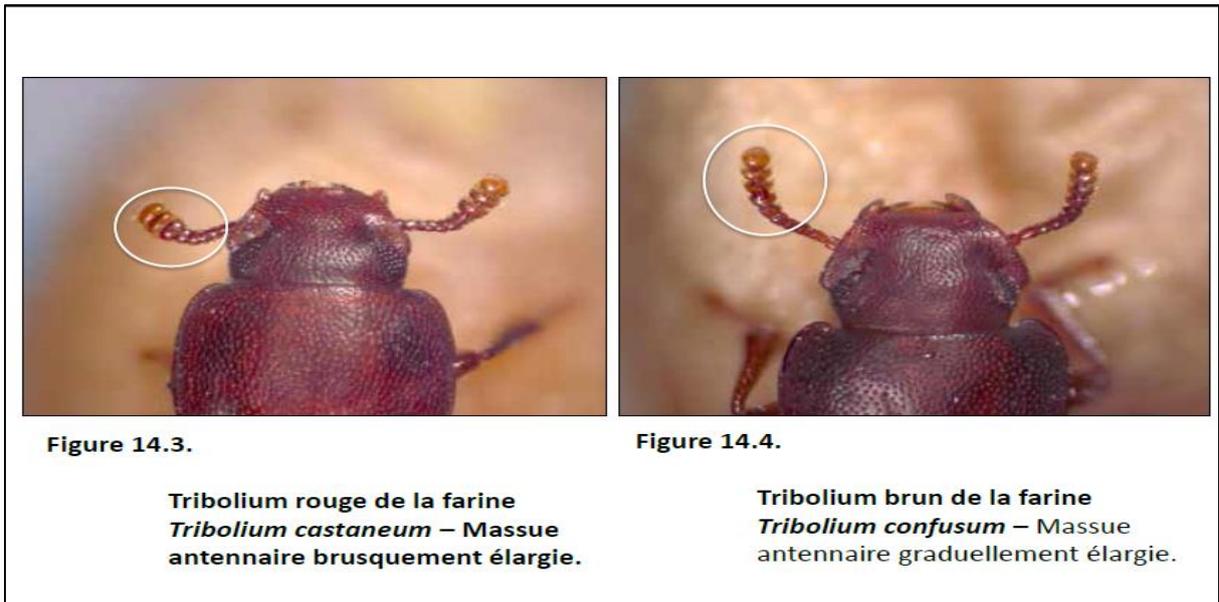
L'application du bioproduit à base d'origan par inhalation est le mode le plus efficace pour lutter contre les *Tribolium castaneum*, suivie par le mode contact néanmoins le mode ingestion impliqué probablement l'utilisation de fortes doses.

Il ressort donc que l'huile essentielle réduit la durée de vie des adultes testés dans un temps très court, ce qui estime que la substance naturelle utilisée présente une bonne action insecticide.

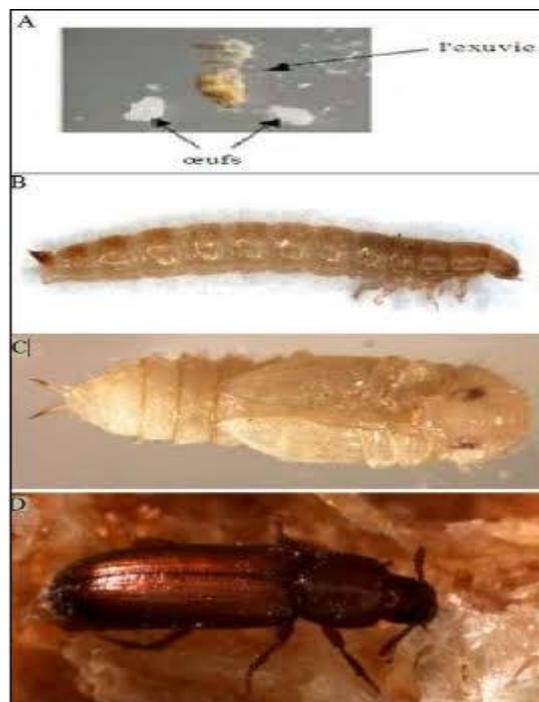
A l'issu de ce travail, nous émettons quelques réflexions et recommandations sous forme de perspectives pour une bonne exploitation du sous produit de cette espèce aromatique tant préservée. Il serait donc intéressant :

- De poursuivre l'étude de cette huile essentielle sur les principales espèces d'insectes ravageurs des grains des céréales le charançon *Sylophilusoryzae* (Coleoptera) et le thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera)
- D'étudier la composition chimique de cette huile essentielle en déterminant les principaux composants ainsi que leurs effets;
- préconiser et tester de plus fortes doses pour le mode par ingestion
- Etudier les autres activités de l'huile essentielle : antifongique, antivirale, antiparasitaire, antioxydant, anti-inflammatoires ...etc. ;
- Déterminer le mécanisme d'action de cette huile essentielle

Annexe :



Annexes3 :Les principaux critères d'identifie *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum*(Bousquet, 1990).



Annexes4: Stades de développement du *Tribolium* A : L'œuf (Rebecca et al, 2003), B : Larve, C : Nympe, D : adulte (Walter, 2002).

La précipitation :

| | | MOIS | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Stations | Statistique | Janv | Fevr | Mars | Avri | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc | Annuel |
| Chrèa | Max (mm) | 141,9 | 244,30 | 152,4 | 176,8 | 112,4 | 51,6 | 10,3 | 52,3 | 92,6 | 143,2 | 253,4 | 192,4 | 882,6 |
| Chrèa | Min (mm) | 9,7 | 15,50 | 26,2 | 0,2 | 6,5 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 8,3 | 14,4 | 21,3 | 0,0 | 438,8 |
| Chrèa | Moy (mm) | 70,8 | 85,14 | 69,3 | 52,0 | 45,5 | 10,8 | 1,6 | 13,9 | 28,1 | 65,5 | 118,2 | 100,8 | 661,6 |

Annexe 1 : Tableau des données climatiques de précipitation de parc national chrèa BLIDA (2006-2017).

La température :

| | | MOIS | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Paramètres | | Janv. | Févr. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct. | Nov | Déc. |
| Températures MAX (C°) | | 17,1 | 17,1 | 19,6 | 22,3 | 25,4 | 29,1 | 32,4 | 32,7 | 29,6 | 26,9 | 21,5 | 18,2 |
| Températures MIN (C°) | | 4,8 | 5,9 | 7,6 | 10,1 | 12,8 | 16,2 | 19,6 | 20,3 | 18,2 | 14,7 | 10,4 | 6,7 |
| Températures MOY (C°) | | 11,5 | 11,5 | 13,6 | 16,2 | 19,1 | 22,6 | 26,0 | 26,5 | 23,9 | 20,8 | 16,0 | 12,5 |

Annexe 2 : Tableau des données climatiques de tempe de parc national chrèa BLIDA (2006-2017).

Annexe des Tableaux

| | 1h | 2h | 4h | 24h | 48h | 72h |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|
| dose1 | 0 | 5 | 12 | 40 | 78 | 100 |
| dose2 | 0 | 5 | 18 | 60 | 84 | 100 |
| dose3 | 6 | 16 | 44 | 80 | 96 | 100 |
| temoin | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 20 |

Annexe5 : Mortalité observée en pourcentage de *Tribolium castaneum* traité par mode inhalation.

| | 1h | 2h | 4h | 24h | 48h | 72h |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|
| dose1 | 8 | 12 | 22 | 48 | 68 | 90 |
| dose2 | 22 | 28 | 38 | 54 | 72 | 94 |
| dose3 | 58 | 62 | 68 | 84 | 92 | 100 |
| temoin | 0 | 0 | 0 | 10 | 30 | 50 |

Annexe 6 : Mortalité observée en pourcentage de *Tribolium castaneum* traité par mode contact.

| | 1h | 2h | 4h | 24h | 48h | 72h |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|
| temoin | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dose1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| dose2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| dose3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 4 |

Annexe 7 : Mortalité observée en pourcentage de *Tribolium castaneum* traité par mode ingestion.

| | 1h | 2h | 4h | 24h | 48h | 72h |
|--------|----|----|----|-----|-------|-----|
| MC% D1 | 0 | 4 | 12 | 40 | 73,33 | 100 |
| MC% D2 | 2 | 5 | 18 | 60 | 82,22 | 100 |
| MC% D3 | 6 | 16 | 44 | 80 | 95,55 | 100 |

Annexes 8 : Taux de mortalité corrigé des individus de *Tribolium castaneum* par inhalation.

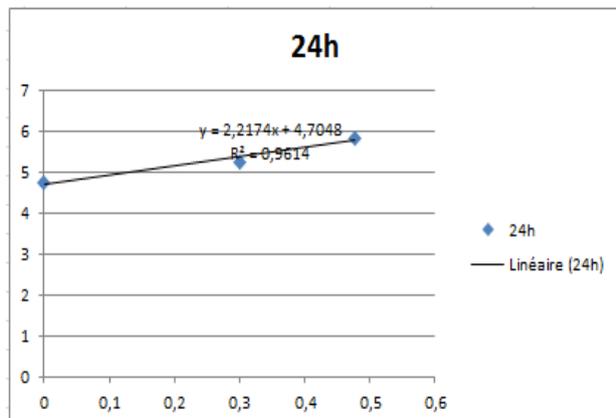
| | 1h | 2h | 4h | 24h | 48h | 72h |
|-------|-----|-----|-----|--------|--------|------|
| MC D1 | 8% | 12% | 22% | 42,22% | 54,28% | 80% |
| MC D2 | 22% | 28% | 38% | 48,88% | 60% | 88% |
| MC D3 | 58% | 62% | 68% | 82% | 88,57% | 100% |

Annexe 9 : Taux de mortalité corrigé des individus de *Tribolium castaneum* par contact.

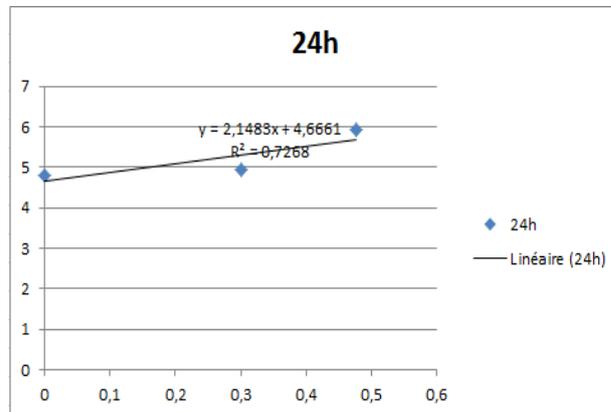
| | 1h | 2h | 4h | 24h | 48h | 72h |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|
| MC% D1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MC% D2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| MC% D3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 4 |

Annexe 10: Taux de mortalité corrigé des individus de *Tribolium castaneum* par ingestion.

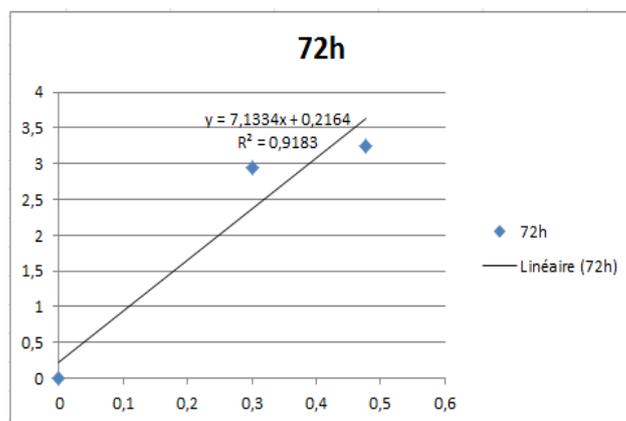
Annexe 12 : les courbes de tendance de chaque mode a, b et c (Efficacité d'huile utilisé contre *Les Tribolium castaneum*).



A : Inhalation



b : contact



C : Ingestion

Annexe.13 : Tableau de transformation du pourcentage en probit (Cavelier, 1976).

| % | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | | 2,67 | 2,95 | 3,12 | 3,25 | 3,36 | 3,45 | 3,52 | 3,59 | 3,66 |
| 10 | 3,72 | 3,77 | 3,82 | 3,87 | 3,92 | 3,96 | 4,01 | 4,05 | 4,08 | 4,12 |
| 20 | 4,16 | 4,19 | 4,23 | 4,26 | 4,29 | 4,33 | 4,36 | 4,39 | 4,42 | 4,45 |
| 30 | 4,48 | 4,5 | 4,53 | 4,56 | 4,59 | 4,61 | 4,64 | 4,67 | 4,69 | 4,72 |
| 40 | 4,75 | 4,77 | 4,8 | 4,82 | 4,85 | 4,87 | 4,9 | 4,92 | 4,95 | 4,97 |
| 50 | 5,00 | 5,03 | 5,05 | 5,05 | 5,10 | 5,13 | 5,15 | 5,18 | 5,20 | 5,23 |
| 60 | 5,25 | 5,28 | 5,31 | 5,33 | 5,36 | 5,39 | 5,41 | 5,44 | 5,47 | 5,50 |
| 70 | 5,52 | 5,55 | 5,58 | 5,61 | 5,64 | 5,67 | 5,71 | 5,74 | 5,77 | 5,81 |
| 80 | 5,84 | 5,88 | 5,92 | 5,95 | 5,99 | 6,04 | 6,08 | 6,13 | 6,18 | 6,23 |
| 90 | 6,28 | 6,34 | 6,41 | 6,48 | 6,55 | 6,64 | 6,75 | 6,88 | 7,05 | 7,33 |
| | 0,0 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 |
| 99 | 7,33 | 7,37 | 7,41 | 7,46 | 7,51 | 7,58 | 7,75 | 7,75 | 7,88 | 8,09 |

Annexe .14 : Matériels utilisée à laboratoire de la faculté



Un appareil d'extraction (Clevenger)



Une étuve d'élevage



Une balance de précision



Seringue graduée



Flacon en verre



boites de Pétri en plastique



bécher



Papier parafilm



Papiers waltman



Matériel métal (Culière/pince...)



Coton / fil



Bocal l'elvage

| | |
|-----------|-----------|
| | 24h |
| 0 | 4,75 |
| 0,30103 | 5,25 |
| 0,4771213 | 5,84 |
| X | 0,1331289 |
| DL50 | 1,3587166 |

a : inhalation

| | |
|------------|------------|
| | 24h |
| 0 | 4,8 |
| 0,30103 | 4,95 |
| 0,47712125 | 5,92 |
| x | 0,15542522 |
| DL50 | 1,43029368 |

B : contact

| | |
|------------|------------|
| | 72h |
| 0 | 0 |
| 0,30103 | 2,95 |
| 0,47712125 | 3,25 |
| x | 0,67059186 |
| DL50 | 4,68373009 |

C : ingestion

Annexe 11 : Toxicité(DL₅₀) de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* sur les adultes de *Tribolium castaneum* selon trois modes d'exposition (A, B et C).

A

- **Abbassi K., Kadiri AZ., Ghaout S., 2003** - *Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. Physiol Entomol* 28: 232-236.
- **Alzouma L., 1995** - Connaissance et contrôle des Coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel. *Sahel IPM No1* pp. 4, 10 - 11. Booker R. H ,1967 . Observation on three bruchids associated with cowpea in Northern Nigeria. *J. Stored Prod Res.* 3, 1-15 e Camara, M. 1997. Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales
- **Amiot J., 2005** - *Thymus vulgaris, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires.* Thèse-doctorat-Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. France.
- **Anton R. et Lobstein A., 2005** - *Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles.* Ed. Tec. & Doc., Paris, 522 p.
- **Aprotosoiaie A.C., Spac A.D., Hancianu M., Mirona, Tanasescu V.F., Dorneanu V. et Stanescu U., 2010** - The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *FARMACIA*, Vol. 58 (1) : 46-54.
- **Arthure F.H., 1996** - *Grain protectants: current status and prospects for the future prod. Stored Res.,* Vol.32: 203-293.
- **Arvy M.P. et Gallouin F., 2003.** *Epices, aromates et condiments.* Ed. Belin, Paris. 412 p.
- **Ayvaz A. Sagdic O. Karaborklu S. et Ozturk I., 2010** - Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored- product insects. *Journal of Insect Science.* Vol. 10 N°21: 1-13
- **Aziez M., Hammadouche O., Mallem S. et Tacherifet S., 2003** - *Le guide pratique pour l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires.* C. N. M. Z., Algérie, 55 p.

B

- **Balachowsky A., 1962-** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées leur moeurs, leur destructions. Ed. Paris. PP. 1245-1268.
- **Barry N., 2001-** Art d'extraire les huiles essentielles. De parfum à faire soi-même, PP. 125-128.
- **Baser. K.H.C. et Buchbauer G., 2010** - Handbook of essential oils : Silence, Technology, and Applications, Ed. Taylor and francis Group, LLC. United States of America, PP. 994-995.
- **Bejaoui A., Chaabane H., Jemli M., Boulila AN., Boussaid M. 2013** - essential oil composition and antibacterial activity of *Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* desf. at different phenological stages ., *journal of medicinal food.*,16 (12) .,1115–1120p.

- **Bekon K. et Fleurat lessard F.**, 1989 - *Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire Tribolium castaneum (Herbest), (Coléoptère ;Tenebrionidae) lors de la conservation des céréales en région chaudes*, AUPELF-UREF, Ed. John Libbey Eurotext, Paris, PP. 97-104.
- **Bekon, K., et Fleurat-Lessard, F.**, 1989 - «Évolution des pertes en matière sèche des grains dus aux ravageurs secondaires : Tribolium castaneum (Herbst) (Coléoptère; Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales».in *Céréale en région chaudes*. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, PP. 97-104.
- **Belaiche P.**, 1979 - *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*. Tome 1 l'aromatogramme .éd. Maloine. Paris.
- **Belaiche P.**, 1979 - *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*. Tome 1
- **Belyagoubi L.**, 2006 - *Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales*. Mémoire de magister. Université Abou Bekr Belkaid, 110 p.
- **Benayad N.**, 2008 - *Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées*. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63 p.
- **Benayad N.**, 2013 - *Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse*. Thèse de Doctorat en Chimie. Spécialité: Chimie organique. Université Mohamed V. Agdal. Faculté des Sciences. Rabat. 186 p.
- **Benhamou N.**, 2009 - *Stimulateurs des défenses naturelles des plantes: une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable.I. Principes de la résistance induite*, 267p.
- **Benini C.**, 2007- *Contribution à l'étude de la diversification de la production d'huiles essentielles aux Comores. Mémoire d'ingénieur*. Université Gembloux, 109 p.
- **Bernadet M.**, 2000 - *Phyto-aromathérapie pratique, plantes médicinales et huiles essentielles*. Ed. Dangles.
- **Berthier A.**, 1980 - *Epices-aromates leurs huiles essentielles et oléorésines. parfums,cosmétiques, arômes n°34- août/septembre* pp. 39-44.
- **Bouhaddouda N., Aouadi S., Labiod R.**, 2016 - *evaluation of chemical composition and biological activities of essential oil and methanolic extract of origanum vulgare l. ssp. glandulosum (desf.) from Algeria ., international journal of pharmacognosy and phytochemical research.*, 8(1).,104-112p.
- **Boullard B.**, 2001 - *Plantes médicinales du monde - croyances et réalités-*. Ed. ESTEM., Paris, 660 p.

- **Bruneton J.**, 1993 - *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Paris, Lavoisier, 623p.
- **Bruneton j.**, 1999 - *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3ème édition, Ed. Tec et Doc, Paris.
- **Budavari S., O'Neil M.J., Smith A., Heckelman P.E. et Kinneary J.F.**, 1996 - Index Twelfth edition, Whitehouse Station : Merk and Co, INC, PP. 23-50.

C

- **Camara, A.**, 2009 - *Lutte contre Sitophilu soryzae L. (Coleoptera: Curculionidae) et Tribolium castaneum Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales* (Doctoral dissertation, Université du Québec à Montréal).
- **Capo M. Courilleau, V. Valette, C.**, 1990 - Chimie des couleurs et des odeurs, cultures et techniques, 204 p.
- **Carlos JSP.**, 2006 - «Exposition humaine aux pesticides: un facteur de risque pour le suicide au Brésil». *Vertigo-La revue en Science de l'Environnement*, 7: 18.
- **Cattlin N.**, 2007- Rust Tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum* ravageur de stockage sur les débris de grains. *Alamy Banque D'images*. [en ligne]. Disponible sur : « <https://www.alamyimages.fr> » (Consulté le 10 juin 2019).
- **Cavalier A.**, 1976- cours de phytopharmacie. Edition institut National agronomique, alger .Tome 1 ,90p.
- **Champ B. R. et Dyte C. E.**, 1976 - *Rapport de l'enquête mondiale de la FAO sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides*, FAO, Rome, 374 p.
- **Chowdhury J.U., Mobarok H, Bhuiyan N.I. et Nandi N.C.**, 2009 - Constituents of essential oils from leaves and seeds of *Foeniculum vulgare* Mill. Cultivated in bangladesh. *Bangladesh J. Bot.* Vol 38(2), PP.181-183.
- **Collins D.P. and Jacobsen B.J.**, 2003 - Optimizing a *Bacillus subtilis* isolate for biological control of sugar beet *Cercospora* leaf spot. *Biol. Control*, Vol 26 (2), PP. 153-161.
- **Copping, L.G. et Menn, J.J.**, 2000 – *Biopesticides : a review of their action, Applications and efficacy*. *P est Management Science*, vol 5 6 : 651-616.
- **Cross, J.V. et Polonenko, D.R.**, 1996 - *An industry perspective and commercialization of biocontrol agents in Canada*. *Can. J. Plant Pathol.* Vol 18 : 446-454.

- **Cruz J.F., Troude F., Griffon D. et Hébert J.P.**, 1988 - *Conservation des grains en régions chaudes, Techniques rurales en Afrique*. 2^{ème} Ed France, 545p.

D

- **Davidson R. H. et Lyon W. F.**, 1979 - *Insect Pests of Farm, Garden, and Orchard*. John Wiley and Sons, New York, NY. 40 p.
- **De Kouassi M.**, 2001 - *La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides*, *Journal Vertigo*. Vol 2 n°2, PP. 7-12.
- **Degryse A.C., Delpla I. et Voinier M.A.**, 2008 - Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. *Atelier santé environnement -IGS- EHESP*, 87 p.
- **Delobel A., Tran M.**, 1993 - *Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*. ORSTOM/CTA. Faune tropicale 32. Paris. désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris, 424p.
- **Djermoun A.E.K.**, 2009 - *Revue Nature et Technologie* n° 1 : 45- 53.
- **Dubois J., Mitterand H. et Dauzat A.**, 2006 - *Dictionnaire étymologique et historique du français*, Ed. Larousse, 1442 p.
- **Dunstan H., Florentine S. K., Calviño-Cancela M., Westbrooke M.E., Palmer G.C.**, 2013 - Dietary characteristics of Emus (*Dromaius novaehollandiae*) in semi-arid New South Wales, Australia, and dispersal and germination of ingested seeds. *CSIRO PUBLISHING*, 113: 168-176.
- **Duraffourd C., Hervicourt L. et Lapraz J.C.**, 1990. *Chaire de phytothérapie clinique, examen de laboratoire galénique, élément thérapeutique synergique*. T1, 2^{ème} édition, Ed. Masson, Paris, 89 p.

E

- **Elabed D et Kambouche N.**, 2003- *Les huiles essentielles* Ed. Dar elgharb.

F

- **FAO.**, 2009 - *On-Farm Post-Harvest Management of Food Grains: A Manual for Extension Workers with Special Reference to Africa*, *FAO*, Rome Italie.
- **Fields P.**, 2001 - *Ravageurs des entrepôts des grains et des produits alimentaires*. Ed. *Centre de recherche sur les céréales*. Canada.
- **Figueredo G.**, 2007 – *Étude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne* – Thèse, Clermont- Ferrand, France.
- **Fleurat Lessard F.**, 1982 - *Les insectes et les acariens in : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés*, Ed Lavoisier et Apria, Paris : 349-396.
- **Fravel D.**, 2005 - Commercialization and implementation of biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.*, Vol 43, PP. 337-359.

- **Freeman**, 1973 - Common insect pest of stored and products. Aguidet of their identification. *British Museum (Natural History), Economie*, Series n° 15, London.

G

- **Garneau F.X.**, 2004 - Le matériel végétal et les huiles essentielles. Manuel pratique. *Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation* : PP1-16.
- **Garnero J.**, 1991- Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation. Ed. *Encyclopédie des médecines naturelles*, Paris, France: PP. 2-20.
- **Gauvrit C. et Cabanne.**, 1993 - Oils for weed control: Uses and mode of action. *Volume37. Pesticide Science*. PP. 147-153.
- **Ghestem A, Seguin E, Paris M et Orecchioni A.M.**, 2001- *Le préparateur en pharmacie*. Dossier 2, -Botanique, Pharmacognosie, Phytothérapie, Homéopathie. Ed. TEC et DOC, Paris.
- **Gong HY., Liud WH., LV GY., Zhoue X.**, (2014) - Analysis of essential oils of *origanum vulgare* from six productions areas of china and pakistan sociedade brasileira de Farmacognosia (24)., 25-32p.
- **Goudoum A.**, 2010 - *Impact des huiles essentielles sur le potentiel technologique et nutritionnel des grains et farine de maïs au cours du stockage*. Thèse de Doctorat, ENSAI., Université de Ngaoundéré, Cameroun, 180 p.
- **Guerin F. E.**, 1835 - *Dictionnaire pittoresque d'histoire naturelle et des phénomènes de la nature*. Tome 2, Paris, imprimerie de COSSON, 639 p.
- **Guignard J, Dupont F.**, 2004 - *Botanique- systématique moléculaire*- Ed. Masson.13è édition.
- **Gwinner J., Hamisch R. et Muck O.**, 1996 - *Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte*, GTZ, Eschborn, 368 p.

H

- **Hagstrum D.W.**, 1990 – Acoustical monitoring of *Rhyzoperta dominica* population wheat . *J.environ. entomol.*Vol. 83. no 2: 625-628.
- **Hamoudi S.**, 2000 - *Extraction des huiles essentielles du romarin et du thym. Evaluation de leur toxicité vis à vis d'un insecte des denrées stockées*. Mémoire d'ingénieur en génie chimique. Ecole Nationale Polytechnique. El-harach, 76p
- **Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E. & Verstraeten C.**, 1988- Etude de la relation dose efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *S. zeamais* Mots. (Col., Curculionidae). *Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 53/2b : 719 -726.

- **Heni S .,** 2016 - *Sélection d'extraits bio-actifs des espèces du genre Thymus comme conservateurs antibactériens naturels .*, thèse doctorat ., Université Badji Mokhtar -Annaba..
- **Houël, 2011-***Etude des substances bioactives issues de la flore amazonienne. Analyse de préparation phytothérapeutiques à base de Quassia amara L. (Simaroubaceae) et Psidium acutangulum D.C. (Myrtaceae) utilisées en Guyane Française pour une indication antipaludique. Identification et analyse métabolique d'huiles essentielles à activité antifongique.* Thèse de doc. En chimie des substances. Université des Antilles et de la Guyane, 220 p.

I

- **Ietswaart J. H., 1980-** A taxonomical revision of the genus *Origanum* (Labiatae) These Doc. Leiden Botanical series4, Leiden University Press, the Hague.
- **Inge de Groot., 2004 -** *Protection des céréales et des légumineuses stockées.* ed. Fondation Agromisa. Wageningen, Pays Bas, 74 p.

J

- **Jouault S : 2012 -** *La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité.* Thèse de doc. D'état en pharmacie. Université de Lorraine. Faculté de pharmacie. France, 137 p.

K

- **Katalinic V., Milos M., Kulisic T. et Jukic M., 2004 -** *Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols.* Food Chemistry, 94, PP. 550-557.
- **Keita S.M., Vincent C., Schmit J. P, Arnason J.T., Bélanger A., 2001-** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum L.* and *O. gratissimum L.* applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research.* Vol.37, n°4, pp. 339-349.
- **Khalfi-Habes O., 2007-** *Evaluation du potentiel biocide et étude de l'influence de la composition des huiles essentielles de quelques plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera : Bostrichidae) et *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera :Bostrychidae).* Thèse de doctorat, Institut nationale agronomique-el Harrach. Alger. Pp119.
- **Khalfi-Habes O., Boutekedjiret Ch.et Sellami S., 2010-** *Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Colcoptera : Bostrychidae).* Institut National Agronomique El harach.
- **Kintzios Spiridon E., 2002 -** *Oregano: The genera Origanum and Lippia (Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles)* -Taylor&Francis.

- **Klarzynski O. et Fritig B., 2001** - *Stimulation des défenses naturelles des plantes*. *AcardSci C.R. Paris*, Ser.III.324, PP. 953-963.
- **Kossou D. et Aho N., 1993** - *Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux*. Ed. Flamboyant., Benin, 125 p.

L

- **Lahlou M., 2004**- Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research* 18 : pp. 435-448.
- **Lakhrissi B., Boukhraz A., Barrahi m., EL Hartiti H., Ouhssine M. 2016** - antifungal activity of essential oil of oregano (*origanum vulgare*), marjoram (*origanum majorana*) and synergy of two essential oils against *candida albicans* ., *international journal of research studies in science, engineering and technology* ., 3(12)., 14-17p.
- **Larkin R.P. and Fravel D.R., 2002** - Effects farying environmental conditions on biological control of *Fusarium* wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology* .92 (11) :1160–1166.
- **Lemhadri A., et Zeggwagh N A., 2004** - Anti-hyperglycaemic activity of the aqueous extract of *Origanum vulgare* growing wild in Tafilalet region. *J. Ethnopharmacol.*, Vol 92 : 251-256.
- **Lemoine E., 2001**-*Plante aromatiques et médicinales*. Ed Molière, Paris, 80 p.
- **Lepesme P., 1944** - *Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés* Ed.Chevalier., Paris, 335p.

Liste des Références :

- **Lucchesi M. E., Chemat F. et Smadja, J., 2004** - Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*,Vol. 1043(2) : 323-327.

M

- **Mankin R.W., 1998** - *Thermal enhancement of acoustic detectability of *Sitophilus oryzaelarvae**. Ed. USA Département of agriculteur.
- **Mebarkia A., Khalfi O. et Guechi A., 2001** - Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. *Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires*, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El-Harrach, 119-126.
- **Mechergui K ., Jaouadi W., Coelho J., Serra M.C ., Khouja M.L ., 2015** - *biological activities and oil properties of *origanum glandulosum* desf ., lavoisier.*,2-8p.
- **Mills J.T., 1990** - *Protection des grains et graines oléagineux stockées à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures*. Minist. Ser. Agric. Public., 49 p.
- **Mohammad S., Abu-Darwish and Abu-Dieyeh Z.H.M., 2009**- Essential oil content and heavy metals composition of *Thymus vulgaris* cultivated in various climatic regions of Jordan. *Int. J. Agric. Biol.*, Vol. 11, N° 1, pp.59-63.

- **Möller K.**, 2008 - *La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous*. Editorial UNICO. 152 p.
- **Moussaoui K., Ahmed Hedjala O., Zitouni G. et Djazouli Z.**, 2014 - *Estimation de la toxicité de l'huile essentielle formulée de thym et d'eucalyptus et d'un produit de synthèse sur le parasite de l'abeille tellienne Varroa destructor*. Université de Blida 1, faculté des sciences de la nature et de la vie, Département de biotechnologie. Institut technique des élevages, Route de Chebli Baba Ali.
- **Ndiaye, Decole Sidy Baba.**, 1999- Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. Cellule Centrale d'Appui Technique PADER II. Fonds Belge de Survie.
- **Ndomo A. F., A.L., Tapondjou F., Tendonkeng, Félicité Mbiopo Tchouanguép**, 2009 - Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). TROPICULTURA, 27, 3 :137-143.
- **Ngamo L. et HanceTH.**, 2007 - Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, in *Tropicultura*, vol 25 (n°4), PP. 215-220.

O

- **Olle M. and Bender I.**, 2010- The content of oils in Umbelliferous crops and its formation. *Agronomy Research* 8 (3), pp.687-696.
- **Otto wilhem** thomé flora von deutschland, Österreich und der Schweiz, 1885- Gera, Germany.

P

- **Paris M. et Hurabielle M.**, 1981- *Abrégé de matière médicale (pharmacognosie)*, Tome. Ed. Masson: P339.
- **Paris R et Moysse H.**, 1965- *Matière médicale*, tome 1 Ed. Masson P412.
- **Paulitz T.C. et Bélanger R.R.**, 2001 - Biological control in greenhouse systems. *Annu. Rev. Phytopathol.* (In press).
- **Perrier R.**, 1964 - La faune de la France- Tome VI : Les Coléoptères 1ère partie. Ed. Lib. Delagrave, Paris.192p.
- **Philogene B.J.R., Regnault R.C. et Vincent C.**, 2002 - Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. In Regnault- Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, PP. 1-17.
- **Pline l'ancien**, 1669 - *Histoire naturelle*. Vol. 20, 183 p., traduction française par **LITTRE E.**, en 1951.

Q

- **Quezel P. et Santa S.**, 1963 - *Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques*. Tome 2, CNRS., Paris. 1170 p.

R

- **Raduoiene, J., Judpintiene, A., Peeiulyte, D., Janulis, V.**, 2005 - *Chemical composition of assentiel oil and antimicrobial activity of origanumvulgarebiologi* JA. 4: 53-58.
- **Rai M.K., Achary A D. et Wadegaonkar P.**, 2003 - plant derived-antimycotics: potential of Asteraceous plants, In : *plant-derived antimycotics : Current Trends and Future prospects*, Haworth press, N-York, Londin, Oxford, PP.165-185.
- **Raja N., Albert S., Ignacimuthu S., Dorn S.**, 2001- Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna Unguiculata* (L) Walpers against *Callosobruchus Maculatus* F. (Coleoptera:Bruchidae) infestation. *Journal of Stored Products Resarch*, Vol. 37, n°2, Pp 127- 132.
- **Rameau J. C., Mansion D., Dumé G. et Gauberville C.**, 2009 – *Flore forestière française Tome 3 : Région méditerranéenne* – institut pour le développement forestier.
- **Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R. et Simonaitis R.A.**, 1988, Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *Journal of Economic Entomology*, 81 : 718-721.
- **Richter, G.**, 1993 - *Métabolisme des végétaux*. Physiologie et biochimie. Presse polytechnique et universitaire, *Romandes*, 292 p.

S

- **Sahin F., Güllüce M., Daferera D., Sökmen A., Sökmen M., Polissiou M., Agar G., Özer H.**, 2004 - Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanumvulgare* ssp. *vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control*. 15: 549–557.
- **SALLE J.L.**, 2004 - *Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie*. Editions Frison-Roche, 2ème édition, 220 p.
- **Schiffers B.**, 1990 - *Le point sur les méthodes de lutte contre les ravageurs des grains entreposés en Belgique*. Vol.46, n°4: 121-144.
- **Sens-olive J.**, 1979, *Les huiles essentielles - généralités et définitions, dans Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*, Ed., Maloine, 141-142.
- **Shaaya E., Ravis U., Paster N., Koutjukovsky M., & Plotkin S.**, 1993 - Essential oils and their components as active fumigants against several species of stored product insects and fungi. *Acta Horticulturae*. Vol ,344.Pp 131-137.

- **Shishkoff N. et McGrath M.T.**, 2002 - AQ10 biofungicide combined with chemical fungicides or AddQ spray adjuvant for control of cucurbit powdery mildew detached leaf culture. *Plant Dis.* Vol. 86 : 915-918.
- **Silva L., Silva M., Oliveira D., Gonc M., Cavaleiro C., Salgueiro L., Pinto E.**, 2012 - correlation of the chemical composition of essential oils from *origanum vulgare* subsp. *virens* with their in vitro activity against pathogenic yeasts and filamentous fungi., *journal of medical microbiology* .,(61)., 252–260p.
- **Silvy**, 1992 - *Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises herbes. Les dossiers de l'environnement.* INRA, 19 : 157-200.
- **Stefanini M.B., Ming L.C., Marques M.O.M., Meireles M.A.A., Moura L.S. et Marchese, J. A.**, 2006 - Seed productivity, yield and composition of the essential oil of fennel *Foeniculum vulgare* var. *dulcis* in the season of the year. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu.* Vol 8: PP86-90.
- **Steffan j.R.**, 1978 - *Description et Biologie des insectes* in SCOTTI G., 1978. *Les insectes et les acariens des céréales stockées.* Ed. AFNOR et I.T.F.C., Paris:1-62.
- **Svoboda K. P. and Hampson J. B.**,2000-Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. <http://www.csl.gov.uv/ienica/seminars/>.
- **Syed Shayfur R., Mizanur R., Mohammad Mizanur R.K., Shameem A.B., Balaram R. et Fakruddin Shahed S. M.**, 2007- "Ethanol extract of melgota (*Macaranga postulata*) for repellency, insecticidal activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*)". *African Journal of Biotechnology*, 6(4), PP. 379-383.

T

- **Teuscher E, Anton r. et Lobstein A.**, 2005- *plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles.* Tec et Docqéditions, Paris.
- **Teuscher E., Anton R. & Lobstein A.**, 2004. *Plantes aromatiques: Epices, aromates condiments et huiles essentielles.* Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- **Thakore Y., (2006)** - *The biopesticide market for global agricultural use.* *Industrial Biotechnology.* Vol. 2 (3) : pp 294-208.

V

- **Van Lenteren J. C., (2000)** - Measures of success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies, In **Ratten S. et Gurr G.** Eds. *Measures of Success in Biological Control.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 77-103.

- **Viuda-Martos, M., Ruiz- Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J., Pérez-Alvarez., J.A., 2007** - *chemical composition of the essential oils obtained from some spices widely used in méditerranean region*. Actachim. Slov. 71: 79-83.

W

- **Walter L. et al., (2002)** Identification, characterization and cytogenetic mapping of yeast Vps54 homolog in rat and mouse. *Gene* 285(1-2):213-20
- **Weidner H. et Rack G., 1984**, Tables de détermination de principaux ravageurs des denrées stockées entreposés dans les pays chaudes, GTZ, Eschborn, PP. 83-89.
- **Wilkin D.R. et Chamber S., 1987** - *Methods of detecting insects in grain*. *Ann. Conf.*, Paris : 489-496.
- **Williams LR. et Lusunzi I., 1994** - Essential oil from *Melaleuca dissitiflora* : a Potential source of high quality tea tree oil. *Industrial Crops and Products*. 2, 211-217
- **Wirsta P., 1996** - Evaluation d'une nouvelle méthode immuno- enzymatique destinée à estimer la contamination de lot de blé et de la farine par les insectes. *Rev. Indu .céréale*. n03 : 29-32.

Z

- **Zabeirou et Hachimou, 2005** - *Etude comparative entre les huiles essentielles de la Menthe Verte (Mentha Spicata L) et de la Poivrée (Mentha Piperita L) dans la région D'Ouargla*. Mémoire de Des biochimie- Université de Kasdi Merbah_Ouargla, 16 p.
- **Zoubiri S., et A. Baaliouamer. 2011** - GC and GC/MS analyses of the Algerian Lantana camara leaf essential oil: Effect against *Sitophilus granarius* adults. *Journal of Saudi Chemical Society* doi:10.1016/j.jscs.2011.01.013.

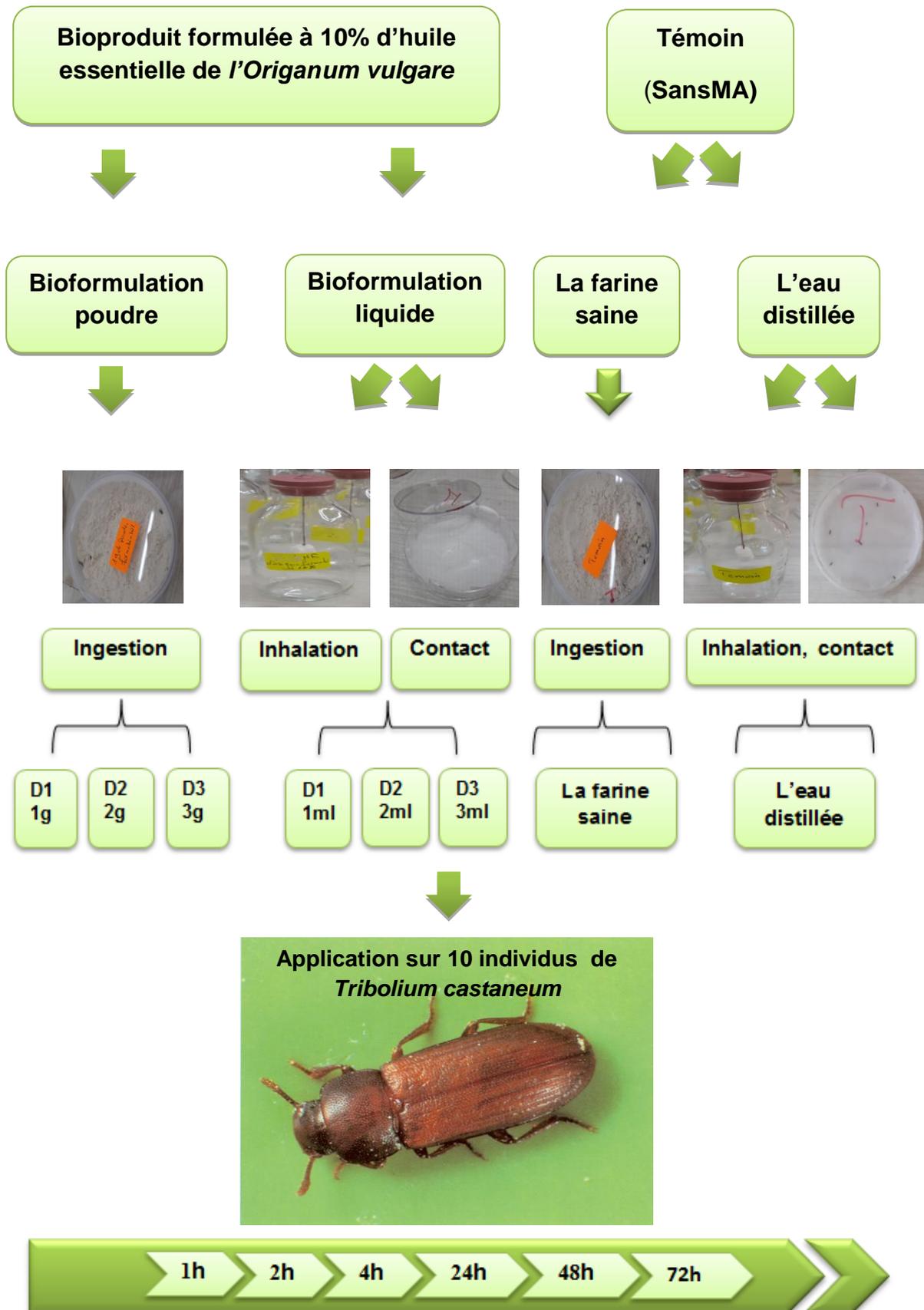


Figure 22: Schéma directeur des différents traitements appliqués sur les populations de *Tribolium castaneum*.

Introduction

Synthèse bibliographique

Matériel et méthode

Les résultats

Discussion générale

Conclusion et perspectives

Référence bibliographique